

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР  
«ИНФОРМАТИКА И УПРАВЛЕНИЕ» РАН**



***ИНФОРМАТИКА:  
ПРОБЛЕМЫ, МЕТОДЫ, ТЕХНОЛОГИИ***

*Материалы  
XXIII Международной  
научно-практической конференции  
им. Э.К. Алгазина*

Воронеж,  
15-17 февраля 2023 г.

Под редакцией к.т.н. Борисова Д. Н.

Воронеж  
2023

УДК 004.65+004.438.5  
ББК Ч 481 (2) 22  
И74

**Оргкомитет:**  
**Сопредседатели:**

Ендовицкий Д. А. – ректор Воронежского государственного университета, д.э.н., профессор;

Салогубова Н. В. – руководитель Департамента образования Воронежской области.

**Заместители председателя:**

Чупандина Е. Е. – первый проректор – проректор по учебной работе, д. фарм. н., профессор;

Козадеров О. А. – проректор по науке, инновациям и цифровизации, д. х. н., доцент;  
Зацаринный А. А. – главный научный сотрудник Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» РАН, д.т.н., профессор;

Крыловецкий А. А. – декан факультета компьютерных наук Воронежского государственного университета, к.ф.-м.н., доцент;

Борисов Д. Н. – заведующий кафедрой информационных систем Воронежского государственного университета, к.т.н., доцент;

Митрофанов А. Ю. – ректор ГБУ ДПО ВО «Институт развития образования им. Н. Ф. Бунакова».

**Члены комитета:**

Бодров А. Ю., Бойченко И. А., Вахтин А. А., Соломатин Д. И., Таратухин В. В., Федоров М. Г., Шаров Ю. Н., Швырева А.В.

**Программный комитет:**

Артемов М. А., Кунаковская Л.А., Васенин В. А., Гаршина В. В., Ерешко Ф. И., Запрягаев С. А., Кобозева И. М., Кретов А. А., Крыловецкий А. А., Кургалин С. Д., Львович Я. Е., Матвеев М. Г., Махортов С. Д., Медведев С. Н., Семенов М. Е., Сирота А. А., Сычев А. В., Толстобров А. П., Чижов М. И., Чечкин А. В.

И74 Информатика: проблемы, методы, технологии: сборник материалов XXIII международной научно-практической конференции / под редакцией Д. Н. Борисова; Воронеж, Воронежский государственный университет, 15-17 февраля 2023 г. – Воронеж, ВГУ, 2023. – 1474 с.

В сборнике предлагаются научные работы, доклады и лекции, представленные на XXIII Международную научно-практическую конференцию «Информатика: проблемы, методы, технологии», проводимой Воронежским государственным университетом.

Сборник предназначен для научных работников, аспирантов и студентов старших курсов.

УДК 004.65+004.438.5  
ББК Ч 481 (2) 22

# **Пленарные доклады**

# Управление в искусственных нейронных сетях

Ф. И. Ерешко, email: fereshko@yandex.ru

ФИЦ ИУ РАН

**Аннотация.** В работе рассматриваются возможности использования методов теории управления и иерархических игр для приложений в задачах прогнозирования и управления развитием различных в содержательном отношении динамических систем. Приводится изложение имитационной игры военно-экономического взаимодействия стран, как образец синтеза организационной иерархической структуры управления: Посредник - Участники. Предлагается рассмотреть данную игру как платформу для возможного использования искусственного интеллекта в задачах стратегического управления. Продолжается анализ задач стратегического планирования в экономике, начатый на прошлых конференциях. Рассматривается модель обработки информации в виде полносвязной искусственной нейронной сети (ИНС). В случае, когда функции активации задаются исследователем, формулируется оптимизационная задача выбора коэффициентов свёртки (весов) при заданном наборе паттернов, как это принято в процедурах глубокого обучения. Предлагается сеточный метод приближённого решения поставленной задачи на основе динамического программирования. Предложено теоретико-игровое описание процесса обработки информации в искусственной нейронной сети в виде иерархической игры. Отмечается, что предложенное описание обеспечивает единообразный формальный подход к генерации различных схем глубокого обучения.

**Ключевые слова:** стратегическое планирование и управление, синтез иерархической структуры управления, искусственная нейронная сеть (ИНС), стратифицированные графы, оптимизация, динамическое программирование, иерархические игры.

## Введение

Настоящая работа продолжает выступления автора на февральских конференциях «Информатика: проблемы, методы, технологии» в Воронежском государственном университете: в 2020 г. был представлен доклад [1], в 2021 году были изложены результаты [2], связанные с математическим моделированием в стратегическом планировании

развития ОПК, в 2022 г. предметом исследований выступил аграрно-промышленный комплекс [3].

В 2023 г. в работе представлен обзор формальных конструкций, ставящих целью использование иерархического подхода к проблеме стратегического планирования экономической системы. В частности, приводится соотнесение описаний математических моделей процессов с иерархической структурой системы управления и искусственных нейронных сетей, и установлен факт, что они имеют идентичное формальное представление.

Проводившиеся и проводимые в настоящее время исследование нашего коллектива направлено на разработку теоретико-методических проблем инструментального обеспечения для принятия решений в социально-экономических системах, в которых сочетается директивные управление и рыночные механизмы, централизация и децентрализация.

Как и в прошлых публикациях стержневым тезисом в работах проходит мысль, что разработки систем регулирования, стратегий управления, должны опираться на системный анализ и математическое моделирование [4-7].

Приложения искусственного интеллекта, в его современном понимании, как схемы глубокого обучения Искусственных нейронных сетей (ИНС) [8-10], к задачам принятия решений, показали свою эффективность во многих примерах распознавания и классификации. Это обстоятельство побуждают исследователей к поиску путей по приложению данного подхода к решению задач стратегического планирования и управления в экономике. При этом возникают проблемы как содержательного, так и технического характера.

В целом, представлена серия работ, проведенных в период развития школы академика Мосеева Н. Н. и в последнее время.

Прежде всего отметим выход в свет летом 2022 года перевода книги Моисеева Н.Н. [11] издательства Spinger с предисловием автора данной статьи, в котором вкратце приведено жизнеописание Учителя, историческое достижение академика Моисеева Н.Н. в расчёте эффекта «ядерной зимы», приведено его мнение: Моисеев Н.Н. « считал разрушение СССР планетарной катастрофой и поддерживал тезис Тойнби, что Россия представляет собой отдельную цивилизацию, которая как мост соединяет культуры Запад и Восток в широком смысле этих слов. И призывал всех к осознанию этого феномена, предостерегал от иллюзий о его незначительности и легковесности в его оценке и постоянно убеждал политиков в необходимости практических усилий по поддержанию равновесия в мировой системе».

Автор, как член школы академика Моисеева Н.Н., полностью привержен идее рациональности и эффективности использования инструментария математического моделирования в прикладных задачах управления в социально-экономических системах и ориентируется на упомянутый вдохновляющий пример Учителя по открытию и расчёту эффекта «ядерной зимы» на основе построения моделей движения воздушных масс над земной и водной поверхностью. Его расчёты показали, что разрушение столиц северного полушария ядерными взрывами погрузит полушарие на 25-50 лет в арктические температуры, жизнь на территории будет уничтожена.

Данный вычислительно-аналитический результат, представленный в Конгрессе США в 1986 г. остановил мировую гонку ядерных вооружений и препятствует её началу пока до сих пор, став общемировым императивом сдерживания.

Наряду с Проектом расчёта ядерной зимы, Моисеев Н.Н. выступил инициатором ряда проектов, ориентированных на Государственное регулирование.

### 1. Имитационная игра трёх стран

Один из проектов – имитационная игра военно-экономического взаимодействия трёх стран (рис. 1), где решения принимаются участниками, играющими роли руководителей стран. Организация игры носила иерархический характер.

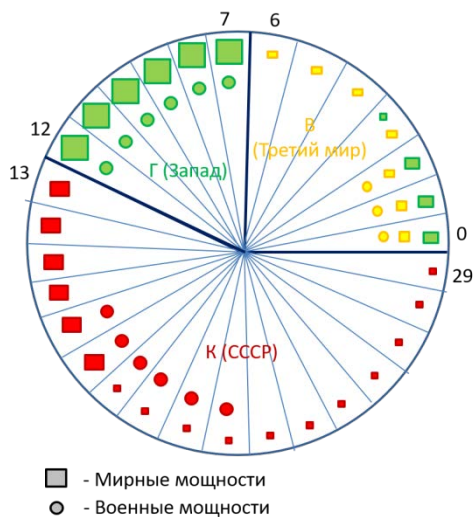


Рис. 1. Территории трех государств

Автор статьи принимал участие в проведении игры.

Приведём её краткое изложение, как образец иерархической организации системы управления Посредники-Участники и как платформу для возможного использования искусственного интеллекта в задачах стратегического управления.

Изложение основывается на проведенной имитационной игре в ВЦ РАН (СССР) группой сотрудников Отдела Моисеева Н.Н., подробно описанной в брошюре [12].

В эксперименте принимали участие четыре группы. Первая это – посредники, «держатели игры», контролирующие компьютерный игровой процесс. Три из них – правительства виртуальных стран. Компьютерная модель является средством поддержки принятия решений, решения же на основе компьютерной модели принимаются правительствами стран

Три участника, выступающие как главы государств, располагали гражданскими и военными отраслями экономики, способными производить различную продукцию, а также проводить различные военные действия. В основу моделирования были положены формальные соотношения, которые в совокупности можно определить как описание военно-экономического взаимодействия стран.

Математические модели экономических процессов стран описаны на основе Теории «Системного анализа развития экономики», развитой коллективом Петрова А.А. [13].

Учитывается динамика мощностей, амортизация, фондоемкости, фондоотдача, инвестиции.

Математическое описание боевых столкновений базировались на основе теории, развитой коллективом Краснощёкова П.С. Предполагается возможное перемещение линий фронта и пере размещение вооружений. Потери участников боевых действий подсчитываются согласно уравнениям Осипова-Ланчестера. Предполагается учёт морального духа участников, - при потере психологической устойчивости, уровень качества операции понижается на единицу. Кроме обычных видов вооружений, предусмотрено возможность использования ядерных сил.

Исходные посылки математического моделирования описаны в монографии [14].

Разработка основывалась на идее Моисеева НН: «Мы решили придумать свою собственную планету, населить ее выдуманными персонажами, наделить эти персонажи способностью создавать технологии, вести войну и т.д.»

В рамках правил игры Государства могут поставлять друг другу мирную и военную продукцию по любой согласованной ими цене, размещать на своей территории производственные мощности и войска соседей, и наоборот, национализировать чужие мощности на своей территории, вступать между собой в союзы, вести войны, заключать мир.

В ходе дипломатических переговоров стороны имеют право, как угодно, искажать информацию, но посредники должны знать истинные стремления всех игроков.

Имитация в этом проекте была проявлена на всех уровнях проведения.

Выражение человеко-машинный комплекс нашло своё полное воплощение в этом проекте: Модели, компьютерная реализация, реальные участники, организация коллектива лиц, принимающих решения, коллектив вычислителей, — всё это присутствовало в реализации Проекта. Игра в реальности продолжалась в течение 2-х месяцев. Виртуальная продолжительность составила более 200 дней. Обычные военные столкновения перемежались обменями ядерных ударов.

Был накоплен значительный опыт организации имитационных игр, что нашло отражение в серии публикаций группы Павловского Ю.Н.

Принципиален обнаруженный эффект погружения размышлений участников имитационной игры при принятии решений в образы реальных процессов, выходящих за рамки текущего виртуального описания.

## **2. Стратегическое планирование**

Иерархия, Центр, интересы, налоги.

Далее, во втором разделе статьи продемонстрируем возможности использования теоретико – игровых представлений в форме иерархических игр в задачах Стратегического планирования и управления социально-экономическими процессами, что отражено в публикации [15]. Этой публикации предшествовала серия статей в Вестнике ВПК, в частности статья [16], где отмечается, что уже имеется опыт приложения целостной и взаимоувязанной методологии моделирования, созданной в ВЦ РАН, на основе которой будет обеспечена разработка и внедрение моделей, алгоритмов, программных комплексов прогнозирования и поддержки принятия решений на разных уровнях управления развитием ОПК.

К настоящему времени в рамках плановых работ ФИЦ ИУ РАН разработана модель Стратегического планирования ОПК в трёх уровнях Центр-интегрированные структуры-предприятия. Выработка решений в



предлагаемой модели основывается на подходах Искусственного интеллекта в форме Глубокого обучения искусственной нейронной сети, моделирующей сложную сетевую технологическую структуру организации управления и производства в ОПК.

Проект ориентируется на современные прогрессивные тенденции по цифровизации производственных технологий и процедур управления.

Предлагается использовать разработанный инструментарий для стратегического и оперативного регулирования в двухъядерной экономической иерархической системе со смешанными механизмами директивного организационного управления и децентрализованных рыночных отношений.

Управление в социально-экономических системах при неопределённости.

При рассмотрении задач планирования и управления в экономических системах, мы придерживаемся положений, сформулированных в работе [19], где отмечается, что «экономика – это управляющая подсистема общества, регулирующая процессы производства, распределения и потребления благ. В системных моделях экономики принятие решений описывается так, как это делается в теории игр и исследовании операций. ... язык теории игр стал общепринятым в экономике (Шубик М.). Чтобы описать принятие решений на языке теории игр, надо указать: что субъект может, т.е. множество допустимых действий или, как говорят, стратегий поведения; что субъект хочет, т.е. его цели, интересы, мотивы, критерии оценки результатов; что субъект знает, т.е. информацию о состоянии и действиях других субъектов, на основании которой он принимает решения».

В контексте цифровой экономики эти составные части модели принятия решений приобретают свой специфический цифровой характер за счёт конкретного числового представления.

### **3. Сетевая модель**

На прошлых выступлениях была представлена [15]. сетевая модель, которая учитывает технологические и организационные связи предприятий экономической системы, в виде теоретико-игровой модели с иерархической структурой, с приоритетом действий Центра и учётом связей между агентами технологического графа. Задача принятия решений Центра сформулирована с учётом неопределённостей и рисков. Рассматривается случай, который возникает при моделировании трёхуровневой организованной экономической структуры в составе концептуальных моделей экономики развития, и предполагается, что

организационно экономическая система состоит из трех уровней: Центр – интегрированные структуры (холдинги) – предприятия. Организационная структура отражает технологические связи системы: предприятия, располагая производственными мощностями и получая необходимые ресурсы, выпускают продукцию и передают на следующий уровень (в интегрированные структуры), которые (возможно после переработки) передают её далее в Центр. Существенно, что в постановке учтено наличие различия в информированности участников.

Значительное влияние на современные разработки оказывает масштабное направление цифровизации экономики в целом, позволяющее надеяться на широкое использование цифровых данных и алгоритмов. В настоящее время основной тренд в экономическом развитии определяется оцифровкой технологий и систем управления. Данные обстоятельства предопределяет особенности использования математического аппарата. В работах [17,18] показано, что предложенная сетевая модель приемлема для описания задач стратегического управления как для АПК, так и для ОПК с учётом специфики экономических отношений: для ОПК приоритетен Механизм первого типа, для АПК Механизм второго типа.

Изложим вкратце формальную запись структуры модели Стратегического планирования, как модели взаимодействия активных агентов в целях удобства сравнения с записями управления в искусственной нейронной сети.

Считаем, что каждый агент – это производственная единица. Пусть агент уровня  $k + 1$  может поставлять свою продукцию единственному агенту уровня  $k$ . Значит, для каждого агента  $kn$  уровня  $k$  определено множество  $S^{kn}$  подчиненных ему агентов уровня  $k + 1$ , причем множества  $S^{kn}$  попарно не пересекаются. Таким образом, имеется иерархическая система веерного типа.

Рассматриваем случай, когда в системе обращается  $M$  видов продукции, и Центр ставит задачу производства объёмов продукции  $x = (x_1, \dots, x_M) \in \mathbb{R}_+^M$  (компонента  $x_m$  вектора  $x$  – это количество продукции вида  $m$ , которое система должна произвести). Вектор  $x$  – параметр задачи.

Центр распределяет задание между агентами первого уровня, выбирая векторы  $v^{0n} = (v_1^{0n}, \dots, v_M^{0n}) \in \mathbb{R}_+^M$ .

Пусть агент  $kn$  обладает  $L$  технологиями. Технология  $l = 1, \dots, L$  используемая с интенсивностью  $w_l$  позволяет произвести вектор продукции  $\varphi_l(w_l) \in \mathbb{R}_+^M$  но при этом затрачивается вектор ресурсов

$\psi_i(w_i) \in \mathbb{R}_+^M$ . Часть ресурсов агент может получить от подчиненных ему агентов, определив набор  $v^{kn} = (v^{kn,1}, \dots, v^{kn,N})$  векторов заказов  $v^{kn,i} \in \mathbb{R}_+^M$  ( $v^{kn,i} = 0$ , если  $i \notin S^{kn}$ ). Цены, по  $p^{kn} = (p_1^{kn}, \dots, p_M^{kn})$  которым он получает эти ресурсы, выбирает Центр. Остальные ресурсы агент приобретает на внешнем рынке по ценам  $\pi = (\pi_1, \dots, \pi_M)$  (это – параметр модели).

Таким образом, множество управлений Центра есть  $U = \prod_{k=1}^K \prod_{n=1}^N U^{kn}$ ,

где  $U^{ln} = \mathbb{R}_+^{(N+1)M}$  и  $U^{kn} = \mathbb{R}_+^M$ ,  $k = 2, \dots, K$ ,  $n = 1, \dots, N$ .

Цель агента состоит в минимизации собственных затрат при обязательном выполнении полученных заданий.

Рассмотрим задачу оптимизации:

$$p^{kn} \cdot \sum_{i=1}^N v^{kn,i} + \pi \cdot \left( \sum_{l=1}^L \psi^l(w^l) - \sum_{i=1}^N v^{kn,i} \right) \rightarrow \min,$$

$$\sum_{l=1}^L \varphi^l(w^l) = \sum_{i=1}^N v^{(k-1)i,n},$$

$$w^l \geq 0, l = 1, \dots, L.$$

Переменными в этой задаче являются интенсивности  $w^l$ , а  $p^{kn}$ ,  $v^{kn}$  и  $v^{k-1}$  – параметры. Пусть  $h^{kn}(u^{kn}, v^{k-1}, v^{kn})$  – оптимальное значение критерия в этой задаче.

Будем считать, что целью Центра является выполнение задание по производству, то есть обеспечение, во-первых, «физических» поставок продукции заказчику, а во-вторых, достаточных для производства финансовых средств у всех агентов. Это описывается функцией выигрыша

$$g(u, v^1, \dots, v^K) =$$

$$= \min \left\{ \min_{1 \leq m \leq M} \left( \sum_{n=1}^N v_m^{0n} - x_m \right), \min_{1 \leq k \leq K} \min_{1 \leq n \leq N} \left( p^{(k-1)i} \cdot \sum_{i=1}^N v^{(k-1)i,n} - \right. \right. \\ \left. \left. - p^{kn} \cdot \sum_{i=1}^N v^{kn,i} + h^{kn}(u^{kn}, v^{k-1}, v^{kn}) \right) \right\}.$$

Цены  $p^{0i}$  считаются параметрами модели. Считаем, что они от  $i$  не зависят.

Если максимальный гарантированный результат Центра в описанной игре неотрицателен, то полученный заказ выполним. В противном случае выделенных заказчиком средств  $p^{0i} \cdot x$  для выполнения заказа недостаточно.

#### 4. Связь с искусственным интеллектом

В настоящее время развитие приложений искусственного интеллекта следует определить: «Искусственный интеллект – комплекс технологических решений, позволяющий имитировать когнитивные функции человека (включая самообучение и поиск решений без заранее заданного алгоритма) и получать при выполнении конкретных задач, результаты, сопоставимые, как минимум, с результатами интеллектуальной деятельности человека. Комплекс технологических решений включает в себя информационно-коммуникационную инфраструктуру, программное обеспечение (в том числе в котором используется методы машинного обучения), процессы и сервисы по обработке данных и поиску решений».

Это соответствует и определению Джона Маккарти, автора термина Artificial Intelligence, одного из основателей Stanford AI Lab (1955), которое выглядит так: «Искусственный интеллект – инженерно-математическая дисциплина, занимающаяся созданием программ и устройств, имитирующих когнитивные (интеллектуальные) функции человека, включающие в том числе анализ данных и принятие решений».

Официальная точка зрения в США акцентировано выражена в [20] «о сохранении американского лидерства в области искусственного интеллекта. Неотъемлемой частью инициативы станут федеральные агентства, разрабатывающие бюджеты НИОКР в области ИИ для поддержки их основных задач. Но для воплощения этих идей в реальность нужна инфраструктура. Для ИИ это означает данные, модели и вычислительные ресурсы».

Перечисленные запросы представляют явные подтверждения значимости математического моделирования при проектировании систем принятия решений.

Если ставить проблему использования технологий ИИ в задачах управления, прогнозирования в экономике, то необходимо иметь модели процессов, адаптированные к применению схем ИИ. Именно через разработку моделей лежит прямой путь по вхождению в тренд формирования цифровой экономики.

#### 5. Исторические аспекты Глубокого обучения ИНС

Как отмечается в [9] стр. 28: «Глубокое обучение — это особый раздел машинного обучения: новый подход к поиску представления данных, делающий упор на изучение последовательных слоев (или уровней) все более значимых представлений. Подходящими названиями для этой области машинного обучения могли бы служить: **многослойное обучение и иерархическое обучение**. В глубоком

обучении такие многослойные представления изучаются (почти всегда) с использованием моделей, так называемых нейронных сетей, структурированных в виде слоев, наложенных друг на друга».

## **6. Нейронные сети: разные названия и переменчивая фортуна**

Изложение исторических аспектов следует книге [8].

«Глубокое обучение, как дисциплина возникло еще в 1940-х годах.

Название кажется новым лишь потому, что в течение нескольких лет, предшествующих нынешнему всплеску популярности (2016 г), пребывало в тени, а также потому, что названия менялись, и только недавно эта дисциплина стала называться «глубоким обучением».

Прежние названия отражали вес разных исследователей в научных кругах и разные точки зрения на предмет.

Если отвлечься от деталей, то было три волны разработок:

в 1940–1960-х годах глубокое обучение было известно под названием кибернетики, в 1980–1990-х – как коннекционизм, а в современной инкарнации – под нынешним названием – оно возродилось в 2006 году.

Две из трех исторических волн исследований по искусственным нейронным сетям, оценены по частоте фраз «cybernetics» и «connectionism или neural networks» согласно Google Books (третья волна началась недавно и еще не отражена).

Первая волна, связанная с кибернетикой, приходится на 1940–1960-е годы, когда разрабатывались теории биологического обучения (McCulloch and Pitts, 1943; Hebb, 1949) и были реализованы первые модели, в частности перцептрон (Rosenblatt, 1958), позволявшие обучить один нейрон.

Вторая волна периода 1980–1995 гг. связана с коннекционистским подходом, когда метод обратного распространения (Rumelhart et al., 1986a) был применен к обучению нейронной сети с одним или двумя скрытыми слоями. Вторая волна работ по нейронным сетям продолжалась до середины 1990-х годов. Но компании, специализирующиеся на нейронных сетях и других технологиях ИИ, стали давать чрезмерно амбициозные обещания в попытках привлечь инвестиции.

Когда ИИ не оправдал этих неразумных надежд, инвесторы испытали разочарование. В совокупности эти два фактора привели к спаду интереса к нейронным сетям, который продолжался до 2007 года.

Третья волна (глубокое обучение) работ по нейронным сетям началась с прорыва в 2006 году. Джеффри Хинтон показал, что так называемые глубокие сети доверия можно эффективно обучать с помощью стратегии жадного послойного предобучения (Hinton et al.,

2006; Bengio et al., 2007; Ranzato et al., 2007a) и только теперь – в 2016 году – описывается в виде книги. Основная идея, навеянная осмыслением работы мозга, – наличие большого числа вычислительных блоков, которые обретают разум только в результате взаимодействий.

Поэтому одно из прежних названий глубокого обучения – искусственные нейронные сети (ИНС). Им соответствует взгляд на модели глубокого обучения как на инженерные системы, устроенные по образцу биологического мозга (человека или животного).

Центральная идея коннективизма состоит в том, что при наличии большого количества вычислительных блоков, объединенных в сеть, удастся достичь разумного поведения.

Третья волна популярности нейронных сетей продолжается и во время написания этой книги (2016 г.), хотя фокус исследований значительно сместился. Поначалу в центре внимания находились методы обучения без учителя и способность глубоких моделей, обученных на небольших наборах данных, к обобщению.

А теперь большой интерес вызывают гораздо более старые алгоритмы обучения с учителем и возможность задействовать большие размеченные наборы данных при обучении глубоких моделей. Эта тенденция обусловлена возрастающей цифровизацией общества. Чем активнее применяются компьютеры, тем больше записей о том, что мы делаем. А поскольку компьютеры объединяются в сети, становится проще централизованно хранить эти записи и построить из них набор данных, подходящий для машинного обучения.

В рамках этого философского течения форма связей и элементов может меняться от модели к модели. Искусственные нейронные сети (ИНС) отразили идею, что элементы в сетях принятия решений могут быть подобны биологическим нейронам, а связи – синапсам. В вершинах ИНС располагаются искусственные нейроны, которые играют роли трансформаторов информации

## **7. Концептуальное определение**

Далее принимается следующее определение:

Искусственная нейронная сеть (ИНС) – это модель процесса трансформации информации, построенная по образу и подобию биологической нейронной сети, и может иметь вербальное, схематическое, (как, например, [10], формульное, в кодах [9], технологическое и техническое описание.

## **8. Схематическое представление**

Формальное описание позволяет перевести на язык математических конструкций нижеследующие рассуждения [9].

«Глубокое обучение — это особый раздел машинного обучения: новый подход к поиску представления данных, делающий упор на изучение последовательных *слоев* (или *уровней*) все более значимых представлений. Под *глубиной* в *глубоком обучении* не подразумевается более глубокое понимание, достигаемое этим подходом; идея заключается в многослойном представлении. Количество слоев, на которые делится модель данных, называют *глубиной* модели. Другими подходящими названиями для этой области машинного обучения могли бы служить: *многослойное обучение* и *иерархическое обучение*.

Современное глубокое обучение часто вовлекает в процесс десятки и даже сотни последовательных слоев представления — и все они автоматически определяются под воздействием обучающих данных. Между тем другие подходы к машинному обучению ориентированы на изучении одного-двух слоев представления данных; по этой причине их иногда называют *поверхностным обучением*».

### 9. Пример полносвязной нейронной сети

Искусственные нейросети [10] состоят из групп нейронов – так называемых слоев.

Нейроны одного слоя сходным образом обрабатывают входные сигналы и выдают результирующие сигналы.

Работа каждого нейрона фактически состоит в приеме сигналов от нейронов предыдущего слоя, их обработке и выдаче сигналов нейронам следующего слоя.

Слои, в зависимости от способа обработки сигналов, бывают разных типов (полносвязные, сверточные, рекуррентные и др.).

В качестве примера на рис. 2 показана схема работы полносвязной нейросети (у которой все слои – полносвязные) с одним внутренним (так называемым скрытым) слоем.

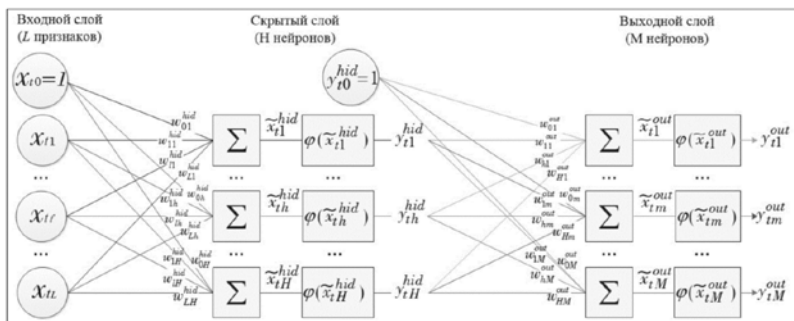


Рис. 2. Схема работы полносвязной нейросети

В общем случае в состав полносвязной нейросети входит входной слой, полносвязные слои – несколько скрытых и выходной. Каждый нейрон полносвязного слоя получает сигналы от всех нейронов предыдущего слоя и выдает сигналы всем нейронам следующего слоя.

Наборы сигналов, принимаемых и выдаваемых полносвязным слоем, представляют собой числовые векторы.

На вход нейросети последовательно подаются наборы сигналов – характеристик (признаков) некоторого объекта.

Под входным слоем понимается набор нейронов (на рисунке состоящий из  $L$  нейронов), принимающий наборы входных сигналов  $X_t = (x_{t0}, x_{t1}, \dots, x_{tl}, \dots, x_{tL})$  и отправляющий их в следующий (скрытый) слой, где  $t$  – номер набора сигналов, обрабатываемых нейросетью. Скрытый слой, изображенный на рисунке, состоит из  $H$  нейронов. Каждый нейрон скрытого слоя выполняет линейное преобразование

поступивших в него сигналов  $\tilde{x}_{th}^{hid} = \sum_{l=0}^L w_{lh}^{hid} x_{tl}$ , где  $h = 1, \dots, H$  – номер

нейрона скрытого слоя;  $w_{lh}^{hid}$  – вес, характеризующий связь между  $l$ -м нейроном входного слоя и  $h$ -м нейроном скрытого слоя; величина  $w_{0h}^{hid}$  называется смещением;  $x_{t0} = 1$ . Выходным сигналом  $h$ -го нейрона

скрытого слоя  $y_{th}^{hid}$  является результат применения к величине  $\tilde{x}_{th}^{hid}$  некоторой функции  $\phi$ , называемой *функцией активации*:  $y_{th}^{hid} = \phi(\tilde{x}_{th}^{hid})$ .

Выходные сигналы скрытого слоя  $y_{th}^{hid}$  ( $h = 1, \dots, H$ ) в совокупности с  $y_{t0}^{hid} = 1$  поступают в выходной слой (на рисунке состоящий из  $M$  нейронов), который их преобразует и выдает выходные сигналы

нейросети:  $y_{tm}^{out} = \phi(\tilde{x}_{tm}^{out})$  ( $m = 1, \dots, M$ ), где  $\tilde{x}_{tm}^{out} = \sum_{h=0}^H w_{hm}^{out} y_{th}^{hid}$ . Веса

нейросети, включая смещения, являются предметом обучения. На каждой итерации обучения все веса сети (т.е. все веса из множеств весов каждого нейрона сети) корректируются с целью достижения наилучшего результата для решаемой задачи. Простейшей функцией активации является ступенчатая функция Хевисайда. Наиболее часто применяемыми функциями активации являются сигмоида, гиперболический тангенс, функция:

$$\text{ReLU}(x) = \begin{cases} 0, & x < 0 \\ x, & x \geq 0 \end{cases}$$

и ее модификации (Noisy ReLU, Leaky ReLU и др.),



$$ELU(x) = \begin{cases} \alpha(e^x - 1), & x < 0 \\ x, & x \geq 0 \end{cases}$$

В разных слоях могут быть разные функции активации (например, в выходном слое функция активации часто отличается от других слоев). При этом в наиболее распространенных архитектурах нейросетей для каждого нейрона в одном слое используется одна и та же функция активации. Перечисленные выше стандартные функции активации не изменяются в процессе обучения нейросети.

## 10. Формульная запись ИНС

Здесь и далее, см. [21-23]

Рассмотрим «стратифицированный» ациклический граф с множеством вершин  $V$  и множеством ребер  $E$ . Считаем, что множество вершин разбито на  $n + 2$  подмножества (слоя)  $V^0, V^1, \dots, V^n, V^{n+1}$ :

$\bigcup_{i=0}^{n+1} V^i = V, V^i \cap V^j = \emptyset$  при  $i \neq j$ . Вершина  $v \in V^i$  соединена ребрами только с вершинами из множеств  $V^{i+1}$  и  $V^{i-1}$  (не обязательно со всеми). Будем предполагать, что ребра графа ориентированы так, что каждое ребро выходит из вершины, принадлежащей слою с меньшим номером, и входит в вершину, принадлежащую слою с большим номером.

Тем самым, для каждой вершины  $v$  определено множество  $E_{input}^v$  входящих в нее ребер и множество  $E_{output}^v$  выходящих из нее ребер (разумеется, если  $v \in V^0$ , то  $E_{input}^v = \emptyset$ , а если  $v \in V^{n+1}$ , то  $E_{output}^v = \emptyset$ ). Обозначим через  $b(e)$  вершину, из которой выходит ребро  $e$ . С каждой вершиной  $v$  свяжем два действительных числа  $x^v$  и  $y^v$ , имеющих смысл фазовых переменных, и неотрицательные действительные числа  $\omega^v, \alpha^v$ , имеющее смысл управления. Кроме того, каждому ребру  $e$  припишем неотрицательное число  $w^e$ , также имеющее смысл управления. Выбор управлений должен удовлетворять следующим ограничениям:

$$\omega^v + \sum_{e \in E_{input}^v} w^e = 1, v \in V.$$

Фазовые переменные и управления связаны следующими условиями.

Для  $v \in V^0$  значения  $x^v$  и  $y^v$  считаются заданными.

А для  $v \in V \setminus V^0$  выполняются равенства

$$x^v = \alpha^v + \sum_{e \in E_{input}^v} w^e y^{b(e)},$$

$y^v = \varphi(x^v)$  . (здесь  $\varphi: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$  – заданная функция).

Задача аппроксимация функции отклика от некоторого заданного набора входных данных.

Целью управления является минимизация значения функции  $\sum_{v \in V^{n+1}} (y^v - \bar{y}^v)^2$ , где  $\bar{y}^v, v \in V^{n+1}$  – заданные числа. Используя описанную выше структуру графа, данную задачу оптимизации можно декомпозировать методом динамического программирования.

Обозначим через  $y^i$  упорядоченный набор переменных  $y^v$ , относящихся ко всем вершинам  $v \in V^i$ .

Положим  $L^{n+1}(\mathbf{y}^{n+1}) = \sum_{v \in V^{n+1}} (y^v - \bar{y}^v)^2$ ,  $L^i(\mathbf{y}^i) = \min L^{i+1}(\mathbf{y}^{i+1})$ ,

где минимизация ведется по всем переменным  $w^v, v^e$  ( $e \in E_{input}^v$ ,  $v \in V^{i+1}$ ), а переменные  $y^{i+1}$  и  $y^i$  связаны условиями

$$y^v = \varphi \left( \omega^v + \sum_{e \in E_{input}^v} w^e y^{b(e)} \right).$$

Значение  $L^0(y^0)$  равно искомому минимуму.

### 11. Векторная задача идентификации параметров.

Может быть сформулирована так же векторная задача, когда на вход графа последовательно подаётся массив прецедентов, паттернов, формируя массив векторов  $X_t^k = (x_{t0}^k, x_{t1}^k, \dots, x_{tl}^k, \dots, x_{tL}^k)$ ,  $k = 1, 2, \dots, K$ .

Цель идентификации состоит в том, чтобы настроить управления, т. е. параметры  $w^e, \omega^v, \alpha^v$ , так, чтобы по возможности минимизировать форму

$$\sum_{k=1}^K \sum_{v \in V^{n+1}} (y^{k,v} - \bar{y}^{k,v})^2.$$

То есть, минимизировать не для одного отдельного образца  $k$ , а на всём множестве прецедентов. Решение этой задачи в общем случае достаточно трудоёмко. Поэтому разрабатываются методы какого-то приближения к её решению, главным образом, эвристические и итерационные. Итерации состоят в циклической обработке элементов массива  $X_t^k = (x_{t0}^k, x_{t1}^k, \dots, x_{tl}^k, \dots, x_{tL}^k)$ ,  $k = 1, 2, \dots, K$  и постепенном продвижении значений функции отклонения к минимуму.

Один проход этого процесса по всему массиву паттернов  $[1, K]$  – это одна итерация.

## 12. Алгоритм

Для построения вычислительной процедуры в сформулированной задаче динамического программирования для подбора политики весов примем следующую конструкцию.

$w$  - переменные весов,  $v$  - номера вершин,  $K_i$  число экземпляров на слое номера  $i$ ,

$k_i$  номер экземпляра на слое номера  $i$ ,  $k_i \in K_i$ ,  $L_{k_n}^n(\tilde{y}^n)$  - оценка невязки экземпляра  $k_n \in K_n$  на слое  $n$  при профиле  $\{\tilde{y}^n\}_{k_n}$ ,  $\bar{y}^v$  - заданные целевые значения

Рассматриваем случай,  $\omega=0$ ,  $\alpha=0$ .

Вычислительную процедуру строим справа налево.

Каждый слой распараллелим, т.е. один слой номера  $i$ ,  $i=1, \dots, n$  рассмотрим как коллекцию экземпляров слоёв, где каждый экземпляр коллекции слоя номера  $i$  имеет один и тот же набор вершин, но с различными экспертно заданными векторами-профилями  $\{\tilde{y}^i\}_{k_i}$ ,  $k_i \in K_i$ .

$K_i$  число экземпляров на слое номера  $i$ .  $k_i$  номер экземпляра на слое номера  $i$ ,  $k_i \in K_i$

Напомним, что  $\tilde{y}^i$  - это вектор, компоненты его  $y^{i,v}$ ,  $v \in V^i$

Для коллекции экземпляров слоя номера  $n$  - это будет набор векторов  $\{\tilde{y}^n\}_{k_n}$ ,  $k_n \in K_n$ .

Компонента вектора  $\{\tilde{y}^n\}_{k_n}$ , соответствующая вершине  $v$ , обозначается  $y_{k_n}^{n,v}$ .

В конце процесса заданы целевые значения  $\bar{y}^v$ .

*Шаг номера  $n$*

На этом шаге производится генерация профилей экземпляров  $\tilde{y}^{n+1}$  для слоя  $n+1$ , максимально приближенных к целевым показателям  $\bar{y}^v$ .

Введём обозначение  $\{\tilde{y}^{n+1}\}_{k_n}$  для профиля на слое номера  $n+1$  с компонентами  $y_{k_n}^{n+1,v}$ ,  $v \in V^{n+1}$ , порождённого профилем  $\{\tilde{y}^n\}_{k_n}$ , с соответствующими компонентами  $y_{k_n}^{n,v}$ ,  $v \in V^n$ .

Генерацию осуществим в соответствии с соотношениями

$$w^n = \left\{ w_{v_{k_n}, v_{n+1}, k_n}^n \right\}, \quad \sum_{v_{n+1}, k_n \in V^n} w_{v_{k_n}, v_{n+1}, k_n}^n = 1, \quad \varphi \left( \sum_{v_{k_n} \in V^n} w_{v_{k_n}, v_{n+1}, k_n}^n y_{k_n}^{n,v} \right) = y_{k_n}^{n+1,v},$$

и для каждого экземпляра  $\{\tilde{y}^n\}_{k_n}$ ,  $k_n \in K_n$  решаем задачу поиска векторов весов  $w$ , минимизирующих невязку  $\min_w \sum_{v \in V^{n+1}} \left( y_{k_n}^{n+1,v} - \bar{y}^v \right)^2$ .

Полученное значение невязки определим как  $L_{k_n}^n \left( \{\tilde{y}^n\}_{k_n} \right)$ -оценку невязки экземпляра  $k_n \in K_n$  на слое  $n$  при профиле  $\{\tilde{y}^n\}_{k_n}$ .

*Шаг номера  $n-1$ .*

На этом шаге необходимо для каждой пары  $\{\tilde{y}^{n-1}\}_{k_{n-1}}$ ,  $\{\tilde{y}^n\}_{k_n}$  установить возможность перехода от  $\{\tilde{y}^{n-1}\}_{k_{n-1}}$  к  $\{\tilde{y}^n\}_{k_n}$  путём выбора переменных  $w^{n-1} = \left\{ w_{v_{k_{n-1}}, v_{k_n}}^{n-1} \right\}$ , удовлетворяющих ограничению

$$\sum_{v_{k_n} \in V^n} w_{v_{k_{n-1}}, v_{k_n}}^{n-1} = 1 \quad \text{и при условии формирования отдельных компонент}$$

$$y^{i+1,v} \text{ на основе заданной функции генерации, } \varphi \left( \sum_{v_{k_n} \in V^n} w_{v_{k_{n-1}}, v_{k_n}}^{n-1} y_{k_{n-1}}^{n-1,v} \right) = y_{k_n}^{n,v}$$

т. е. найти решения системы уравнений  $\sum_{v_{k_n} \in V^n} w_{v_{k_{n-1}}, v_{k_n}}^{n-1} y_{k_{n-1}}^{n-1,v} = \varphi^{-1}(y_{k_n}^{n,v})$ ,

$$\sum_{v_{k_n} \in V^n} w_{v_{k_{n-1}}, v_{k_n}}^{n-1} = 1$$

Если для заданного вектора  $\{\tilde{y}^{n-1}\}_{k_{n-1}}$  существует возможность перехода к нескольким экземплярам  $m_n$  из коллекции  $n$ , то для экземпляра  $k_{n-1} \in K_{n-1}$  принимается минимальная оценка из достижимых экземпляров  $\min_{m_n} L_{m_n}^n \left( \tilde{y}^n \right)_{m_n}$ .

*Далее на каждом шаге  $i$  прodelывается процедура, подобную на шаге  $n-1$ .*

Если на каком-нибудь Шаге устанавливается невозможность перехода от слоя  $i$  к слою  $i+1$ , то процесс останавливается, и производится коррекция параметров вычислительной процедуры, см. далее раздел о коррекции.

В ином случае процедура продолжается аналогично предыдущему.

### Шаг 1

Если слой 1 достижим, то для каждого экземпляра коллекции 1, устанавливается возможность перехода на него от заданного начального вектора  $\tilde{y}^0$ , аналогично тому, как это проводилось на предыдущих слоях.

Если такая возможность существует, то аналогично предыдущему определяется минимальная оценка невязки для начального состояния, и производится анализ полученного результата.

В случае неудовлетворённости результатом производится коррекция параметров вычислительного процесса.

#### Раздел о коррекции.

Параметрами процесса являются экспертным образом заданные вектора  $\{\tilde{y}^n\}_{k_n}$ ,  $k_n \in K_n$ .

В принципе, предполагаемые значения векторов  $\{\tilde{y}^n\}_{k_n}$  находятся между значениями векторов  $\tilde{y}^0$  и  $\bar{y}^v$ , и фактически исходная задача состоит в организации перехода от начального состояния профиля  $\tilde{y}^0$  к конечному состоянию профиля  $\bar{y}^v$ .

Так что процедура выбора начального набора  $\{\tilde{y}^i\}_{k_i}$ ,  $k_i \in K_i$ ,  $i = 1, \dots, n$  и его коррекции представляется вполне реализуемой в процессе вычислительных экспериментов, описанных выше.

### 13. Запись в виде иерархической игры

Рассмотрим запись ИНС в условиях, когда искусственный нейрон выбирает функцию активации, как свою стратегию в задаче принятия решений, максимизируя свою функцию полезности.

В этих целях, используя технологию записи игр с не противоположными интересами [4, 5], и действуя подобно вышеизложенному, рассмотрим «стратифицированный» ациклический граф с множеством вершин  $V$  и множеством ребер  $E$ . Считаем, что множество вершин разбито на  $n + 2$  подмножества (слоя)

$V^0, V^1, \dots, V^n, V^{n+1}$ :  $\bigcup_{i=0}^{n+1} V^i = V$ ,  $V^i \cap V^j = \emptyset$  при  $i \neq j$ . Вершина  $v \in V^i$

соединена ребрами только с вершинами из множеств  $V^{i+1}$  и  $V^{i-1}$  (не обязательно со всеми). Будем предполагать, что ребра графа ориентированы так, что каждое ребро выходит из вершины, принадлежащей слою с меньшим номером, и входит в вершину, принадлежащую слою с большим номером. Тем самым, для каждой

вершины  $v$  определено множество  $E_{input}^v$  входящих в нее ребер и множество  $E_{output}^v$  выходящих из нее ребер (разумеется, если  $v \in V^0$ , то  $E_{input}^v = \emptyset$ , а если  $v \in V^{n+1}$ , то  $E_{output}^v = \emptyset$ ). Обозначим через  $b(e)$  вершину, из которой выходит ребро  $e$ .

С каждой вершиной  $v$  свяжем три неотрицательных действительных числа  $x^v$ ,  $y^v$  и  $\omega^v$ . Кроме того, каждому ребру  $e$  припишем неотрицательное число  $w^e$ .

Рассмотрим следующую схему управления описанной сетью. С каждой вершиной  $v \in \bigcup_{i=1}^n V^i$  свяжем некоторого агента, которого будем обозначать той же буквой  $v$ . Агент  $v$  выбирает управления  $y^v$ ,  $\omega^v$  и  $w^e$  ( $e \in E_{input}^v$ ). Выбор управлений должен удовлетворять следующим ограничениям:

$$\omega^v + \sum_{e \in E_{input}^v} w^e = 1, y^v \in Y^v, v \in V,$$

где  $Y^v$  – заданное компактное множество неотрицательных действительных чисел.

Целью агента  $v$  является максимизация значения функции  $g(x^v, y^v)$ , где

$$x^v = \omega^v + \sum_{e \in E_{input}^v} w^e y^{b(e)},$$

Кроме того, имеется выделенный агент (Центр). Он выбирает управления  $y^v \in Y^v$  ( $v \in V^0$ ), где  $Y^v$  – компактное множество неотрицательных действительных чисел.

Его целью является минимизация значения функции

$$\sum_{v \in V^{n+1}} (y^v - \bar{y}^v)^2,$$

где  $\bar{y}^v$ ,  $v \in V^{n+1}$  – заданные числа.

Пусть  $\tilde{Y} = \prod_{v \in V^0} Y^v$ . Элементы множества  $\tilde{Y}$  будем обозначать символами  $\tilde{y}$ . Положим

$$U^v = \left\{ y^v, \omega^v, w^e (e \in E_{input}^v) : y^v \in Y^v, \omega^v + \sum_{e \in E_{input}^v} w^e = 1 \right\}, v \in \bigcup_{i=1}^n V^i,$$

$$\tilde{U}^i = \prod_{v \in V^i} U^v. \text{ Для } v \in \bigcup_{i=1}^n V^i \text{ положим } Z^i = \prod_{v \in V^i} \mathbb{R}_+, R^v = \prod_{e \in E_{input}^v} \mathbb{R}_+.$$

Ввиду наличия описанных выше связей, критерий Центра  $\sum_{v \in V^{n+1}} (y^v - \bar{y}^v)^2$  можно рассматривать как функцию переменных  $\tilde{y}$  и  $u^i \in U^i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ). Для набора управлений  $u^i \in U^i$  набор соответствующих компонент  $y^v$  обозначим через  $\tilde{y}^i$ .

Предположим, что центру точно известны интересы и возможности остальных агентов. Тогда он может оценить множество рациональных выборов агента  $v \in V^i$

$$BR^v(r^v) = \left\{ u^v \in U^v : g \left( \omega^v + \sum_{e \in E_{input}^v} w^e r^e, y^v \right) = \max_{u^v \in U^v} g \left( \omega^v + \sum_{e \in E_{input}^v} w^e r^e, y^v \right) \right\}$$

в случае, когда элементы из множества  $V^{i-1}$  выбрали управления

$$r^v \in R^v. \text{ Обозначим } BR^i(z^i) = \prod_{v \in V^i} BR^v(r^v), \text{ где } z^i \in Z^i.$$

Тогда минимальный гарантированный результат Центра можно записать в виде

$$\inf_{\tilde{y} \in \tilde{Y}} \max_{u^1 \in Br^1(\tilde{y})} \max_{u^2 \in Br^2(\tilde{y}^1)} \dots \max_{u^n \in Br^n(\tilde{y}^{n-1})} \sum_{v \in V^{n+1}} (y^v - \bar{y}^v)^2,$$

Используя описанную выше структуру графа, данную задачу оптимизации можно декомпозировать методом динамического программирования.

Положим

$$\begin{aligned} L^{n+1}(\tilde{y}^{n+1}) &= \sum_{v \in V^{n+1}} (y^v - \bar{y}^v)^2, \\ L^i(\tilde{y}^i) &= \max_{u^i \in Br^i(\tilde{y}^i)} L^{i+1}(\tilde{y}^{i+1}), \quad i = 2, \dots, n, \\ L^1(\tilde{y}) &= \max_{u^1 \in Br^1(\tilde{y})} L^2(\tilde{y}^1). \end{aligned}$$

Значение  $\inf_{\tilde{y} \in \tilde{Y}} L^1(\tilde{y})$  равно искомому минимальному гарантированному результату.

*Замечание.* В общем случае критерий Центра можно записать как некоторую функцию переменных  $\tilde{y}$  и  $u^i \in U^i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ). Обозначим эту функцию через  $J(\tilde{y}, u^1, u^2, \dots, u^n)$ .

Тогда минимальный гарантированный результат Центра можно записать в виде

$$\inf_{\tilde{y} \in \tilde{Y}} \max_{u^1 \in Br^1(\tilde{y})} \max_{u^2 \in Br^2(\tilde{y}^1)} \dots \max_{u^n \in Br^n(\tilde{y}^{n-1})} J(\tilde{y}, u^1, u^2, \dots, u^n)$$

Тем самым завершается описание обучение ИНС как иерархической игры Центра.

#### **14. Приложение к экономическим задачам**

С содержательной точки зрения прежде всего важен вопрос: почему при анализе экономических систем может быть использован вычислительный инструмент в форме ИНС?

Ответ содержится в подобии архитектуры ИНС сетевой архитектуре технологий промышленного производства, распределения и потребления, что есть суть экономики.

С технической точки зрения мы показали, что ИНС в описательном смысле как процесс обработки потока информации так же по сути является теоретико-игровым процессом в иерархической организационной системе, где в вершинах сети располагаются активные агенты с заданными стратегиями поведения в виде функций активации, а Центр подаёт на вход данные, и ожидает на выходе заданные выпуски.

С позиций исследования ИНС как объекта трансформации информации предпринимаются разной степени сложности попытки использования различных теорий общего характера. Например, предпринимаются попытки интерпретации глубокого обучения нейронных сетей (ИНС) как оптимального управления нелинейными динамическими системами, и предлагается алгоритмизация этих задач в форме динамического программирования. Наличествуют и другие исследования в данном направлении.

В настоящей работе развивается подобный подход, основанный на отечественных работах в теории исследования операций и принятия решений. В этом ключе предлагается рассматривать формальное теоретико-игровое описание экономической системы как процесс глубокого обучения ИНС. И предлагается общая процедура адаптации системы уравнений соответствующей ИНС к решению конкретных задач планирования и управления путём целенаправленного поиска необходимой архитектуры (системы связей), стратегий принятия решений (функций активации) и соответствующих вычислительных процедур.

Можно в совокупности представить это как инструмент проектирования ИНС для решения конкретных задач планирования и управления.

#### **Список литературы**

1. Ерешко, Ф.И. Математические модели при обустройстве цифровых платформ / Ф.И. Ерешко // Материалы XX Международной



научно-методической конференции «Информатика: проблемы, методы, технологии» – Воронеж – 2020. – С. 1355-1374.

2. Ерешко, Ф.И. Математическое моделирование в стратегическом планировании развития ОПК. Пленарный доклад / Ф.И. Ерешко, А.Ю. Мушков // Материалы XXI Международной научно-методической конференции «Информатика: проблемы, методы, технологии», Воронежский государственный университет, 11-12 февраля 2021 г. – Воронеж: ООО «ВЭЛБОРН» – 2021. – С. 14-42.

3. Ерешко, Ф.И. Моделирование в цифровых проектах АПК. Пленарный доклад. / Ф.И. Ерешко // Информатика: проблемы, методы, технологии: Материалы XXII Международной научно-практической конференции им. Э.К. Алгазинова, Воронеж, – Под редакцией Д.Н. Борисова. – Воронеж: Общество с ограниченной ответственностью "Вэлборн" – 2022. – С. 4-40.

4. Моисеев, Н.Н. О некоторых задачах теории иерархических систем / Н.Н. Моисеев, Ю. Б. Гермейер // Проблемы прикладной математики и механики. – М.: Наука, 1971. – С. 30-43.

5. Моисеев Н.Н. Информационная теория иерархических систем / Н.Н. Моисеев; Избранные труды в 2-х томах. – Т. 1. – М.: Тайдекс Ко – 2003. – С. 214–266.

6. Ватель, И.А. Игры с иерархической структурой: в 2-х т. / И.А. Ватель, Ф.И. Ерешко // Математическая энциклопедия. – Москва: Советская Энциклопедия, 1979. – Т.2 – С. 478-482.

7. Ватель, И.А. Математика конфликта и сотрудничества / И.А. Ватель, Ф.И. Ерешко – М.: Знание – 1973. – 64 с.

8. Гудфеллоу, Я. Глубокое обучение / Я. Гудфеллоу, И. Бенджио, А. Курвилль – пер. с англ. А. А. Слинкина. – 2-е изд., испр. – М.: ДМК Пресс – 2018. – 652 с.

9. Шолле, Ф. Глубокое обучение на Python / Ф. Шолле – СПб.: Питер. – 2018. – 400 с.

10. Бирюкова, Т.К. Построение нейронных сетей различных типов с использованием параболических интегро-дифференциальных сплайнов как функций активации / Т.К. Бирюкова // Системы высокой доступности. – 2020. – Т. 16. – № 4. – С. 40–49.

11. Moiseev, Nikita N. How Far It Is to Tomorrow... (Felix Ivanovich Ereshko, Preface) / Nikita N. Moiseev, Robert G. Burns, Iouldouz S. Raguimov – Springer Nature– 2022. – 391 p.

12. Павловский, Ю.Н. Имитационные системы и модели / Ю.Н. Павловский. – №6. – М.: Знание, 1999. – 144 с.

13. Петров, А.А. Опыт математического моделирования экономики / А.А. Петров, И.Г. Поспелов, А.А. Шананин. – М.: Энергоатомиздат, 1996. – 544 с.
14. Краснощёков, П.С. Принципы построения моделей / П.С. Краснощёков, А.А. Петров. – М. : Изд-во МГУ, 1983. – 264 с.
15. Управление в крупномасштабных проектах многоукладной экономики / Ф.И. Ерешко [и др.] // Автоматика и телемеханика. – 2022. – № 5. – С. 156–172.
16. Довгучиц, С.И. Математическое моделирование в решении задач информационно-аналитического обеспечения управления развитием оборонно-промышленного комплекса / С.И. Довгучиц, А.Ю. Мушков, Ф.И. Ерешко // Науч. вестник оборонно-промышленного комплекса России– 2021. – № 1. – С. 5–15
17. Ерешко, Ф.И. Иерархические структуры в стратегическом планировании и управлении. Пленарный доклад. / Ф.И. Ерешко // Управление развитием крупномасштабных систем MLSD'2022. Труды пятнадцатой международной конференции. – М.: ИПУ РАН – 2022. – С. 73-86.
18. Моделирование экономических механизмов АПК / В.И. Будзко [и др.] // Управление развитием крупномасштабных систем MLSD'2021. Труды четырнадцатой международной конференции. – М.: ИПУ РАН – 2021 – С. 1790-1817.
19. Поспелов, И.Г. Системный анализ рыночной экономики : учебное пособие / И.Г. Поспелов. – М.: МФТИ, 2018. – 329 с.
20. : Maintaining American Leadership in Artificial Intelligence [Электронный ресурс]: Federal Register – Режим доступа: <https://www.federalregister.gov/documents/2019/02/14/2019-02544/maintaining-american-leadership-in-artificial-intelligence>
21. Горелов, М.А. Иерархическая структура сетевых моделей в экономике и искусственных нейронных сетей / М. А. Горелов, Ф. И. Ерешко // Тенденции развития Интернет и цифровой экономики: Труды V Всероссийской с международным участием научно-практической конференции, Симферополь-Алушта, 02–04 июня 2022 года. – Симферополь: Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского – 2022. – С. 35–39.
22. Горелов, М.А. Иерархические модели экономических механизмов АПК. Пленарный доклад / М.А. Горелов, Ф.И. Ерешко // Труды XIX Международной научно-практической конференции: Теория и практика экономики и предпринимательства. Симферополь-Гурзуф, 14-16 апреля 2022 год / Под ред. проф. Н. В. Апатовой. – Симферополь: Издательский дом КФУ им. В. И. Вернадского – 2022. –С.33-36.
23. Ерешко, Ф.И. Игровое представление искусственных нейронных сетей / Ф.И. Ерешко, М.А. Горелов // Анализ, моделирование, управление, развитие социально-экономических систем: сборник научных трудов XVI Международной школы-симпозиума АМУР-2022, Симферополь-Судак, 14-27 сентября 2022 / ред. совет: А. В. Сигал (предс.) и др. – Симферополь : ИП Корниенко А. А. – 2022. – С. 146–149.

# **Секция 1**

**Методы и технологии  
разработки программных  
систем**

# Расчет таблицы истинности при верификации логических схем путем векторизации вычисления логических функций

А. В. Акимов, email: akimov@vsu.ru

Воронежский государственный университет

**Аннотация.** Представлен основанный на векторизации кода подход к увеличению скорости расчета таблицы истинности (ТИ) при верификации логических схем. Приведена схема и описан принцип работы векторизованного алгоритма, основанный на упаковке входных значений сразу нескольких строк ТИ в одну переменную (по одной для каждого входа исследуемой схемы) и расчете логической функции для всего их набора с последующей распаковкой результатов. Проведены и проанализированы результаты экспериментов по расчету ТИ, показывающие преимущество векторизованной версии алгоритма.

**Ключевые слова:** верификация логических схем, бинарная логика, векторизация кода, таблица истинности.

## Введение

Одной из задач, возникающих при проектировании логических схем, является их верификация. Верификация выступает как один из этапов создания программного или аппаратного обеспечения и используется в данном частном случае для того, чтобы проверить, что получившаяся логическая схема правильно функционирует и соответствует предъявляемым к ней требованиям [1-3]. По принципу работы логические элементы и схемы из них составленные можно разделить на комбинационные и последовательные [4, 5]. Для комбинационной логики характерно, что выходные значения зависят только от текущей комбинации значений входных величин. В случае последовательной логики в дело вступает также их внутреннее состояние, поэтому такие элементы в том числе называют элементами с памятью.

Одним из инструментов, используемых при верификации логических схем комбинационного типа, является таблица истинности (ТИ) [3, 6]. Ее построение требует перебора всех возможных комбинаций значений входов исследуемой схемы и расчета для каждой из них, что будет на ее выходах. Из-за таким образом получающейся экспоненциальной сложности вычислений при переборе всех строк ТИ отмечается ее слабая пригодность для работы с большими схемами

[7, 8], и потому является важной задачей ускорения расчета ТИ всеми доступными методами.

Одним из возможных подходов здесь является векторизация кода [9]. Благодаря специфике задачи – расчет логических операций, которые можно выполнять побитово, – ускорение достигается за счет упаковки входных значений сразу нескольких строк ТИ в одну переменную (по одной для каждого входа исследуемой схемы), запуск расчета логической функции сразу для всего набора упакованных значений с последующей распаковкой результатов. Далее о предлагаемой технике будет рассказано более подробно.

### **1. Расчет таблицы истинности**

Таблица истинности за пределами схемотехники используется в общем случае в исчислении высказываний для проверки и доказательства логических законов и выражений [10], и, как уже упоминалось ранее, ее расчет основывается на переборе всех возможных комбинаций значений аргументов исследуемого логического выражения.

На практике при создании программной реализации такой механизм достаточно легко реализовать, перебирая значения специальной переменной-счетчика с шагом 1, и, для известного порядка столбцов ТИ, используя значения ее битов в качестве текущей комбинации значений входов логического выражения. Самый младший бит в данном случае будет соответствовать самому правому и часто перебираемому входному столбцу ТИ.

Что касается вычисления логики, выполняемой исследуемой схемой для каждой конкретной строки ТИ, то здесь возможно два основополагающих подхода: либо интерпретация ее поведения на лету за счет ее анализа как дерева вычислений, либо предварительное формирование набора логических выражений, ею реализуемых, и последующий расчет уже их целиком. Сами логические выражения, сформированные таким образом, или исходно прописанные для каждого отдельного элемента схемы, по сути, представляют собой строки, подлежащие интерпретации. И в первом (для расчета логики, выполняемой конкретными элементами) и во втором (целиком) случае здесь помимо собственного их анализа и интерпретации возможно применение встроенных или сторонних интерпретаторов, доступных из основной среды разработки, например, передача их для расчета интерпретатору JavaScript QML внутри среды QT C++ [11], подход, использованный в данной работе.

Последнее замечание касается еще одной специфики данной частной задачи – исследование или верификация произвольной схемы

комбинационной логики, в которой в общем случае возможно наличие нескольких выходов, – и таким образом ТИ может содержать более одного столбца результата. На практике это означает, что для каждой строки ТИ для одной и той же комбинации входов вызывается расчет нескольких логических выражений, по одному для каждого выхода исследуемой схемы. (Вопрос возможного ускорения вычислений за счет анализа повторяющихся ветвей логического выражения и переиспользования уже частично известных результатов при этом остается за рамками данной работы.)

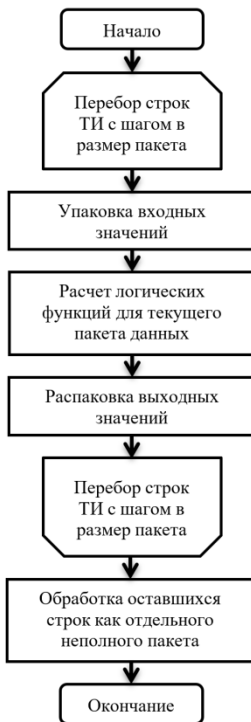
## **2. Векторизация вычисления логических функций**

Исследуемая логическая схема может содержать несколько входов и выходов. Каждый из них будет соответствовать одному столбцу ТИ. Для расчета значения каждого выходного столбца ТИ в общем случае используется своя собственная логическая функция, полученная на основе анализа поведения схемы для данного выхода. При этом ее аргументы соответствуют всем входам схемы или входным столбцам ТИ.

Ускорение вычислений достигается за счет упаковки нескольких следующих друг за другом значений строк ТИ для каждого входа в соответствующее значение аргумента логической функции. Так, если ее вычисления производится средствами JavaScript, то в одну переменную типа `number` можно упаковать до 32 бит одновременно. Таким образом за один вызов обычной логической функции, в которой вместо стандартных логических операций используются их побитовые аналоги, можно рассчитать сразу 32 строки ТИ. Значения на выходе данной функции далее распаковываются в нужное число строк для соответствующего этой функции столбца ТИ. Блок-схема алгоритма расчета ТИ с использованием описанной схемы ускорения вычислений за счет их векторизации представлена на рисунке.

Увеличение производительности в данном случае достигается за счет возможной большей сложности исследуемой логической функции по отношению к сложности операций упаковки и распаковки входных и выходных ее аргументов, что обычно соответствует большому числу входов-строк рассчитываемой ТИ, по сути когда и возникает необходимость в ускорении вычислений. Специфичность данной задачи – работа с бинарной логикой, позволяет достаточно легко реализовать стандартную технику векторизации кода – замены самого внутреннего цикла с определенным числом шагов на одну операцию над большей структурой данных [9] и при этом на достаточно высоком уровне, не прибегая к обычно необходимому при векторизации вычислений

написанию низкоуровневых библиотек или вызову специфичных функций запуска векторизованных вычислений напрямую [9, 12, 13].



*Рисунок.* Блок-схема алгоритма векторизации вычисления логических функций

### **3. Проведение и анализ экспериментов по сравнению скорости работы обычного и векторизованного алгоритмов расчета ТИ**

Были проведены эксперименты по сравнению скорости работы обычного и векторизованного алгоритмов расчета ТИ для разного числа строк и логических схем разной степени сложности с большим числом входов. В таблице представлены типичные результаты для одной и той же схемы, содержащей 75 элементов, 32 входа и 20 выходов, глубиной от выхода ко входу от 1-го до в основном порядка 7-ми элементов при последовательном увеличении в два раза задаваемого при расчете числа строк от 2 до 1048576. Для получения каждого замера скорости работы

эксперимент по расчету данного числа строк ТИ проводился 100 раз подряд и в таблицу записано среднее значение.

Как видно из таблицы выигрыш в скорости отсутствует только при расчете двух строк таблицы истинности. Далее векторизованный алгоритм начинает постепенно одерживать верх до достижения уже при работе с ТИ размером в 512 строк преимущества при его использовании порядка 20 раз, которое продолжает далее сохраняться. Таким образом при использовании векторизации ощутимая в пол секунды для пользователя задержка в получении результатов откладывается при работе с ТИ размером в 32768 строк, что соответствует схеме с 15-ю входами, до ТИ размером в 524288 строк (схема с 19 входами).

Отдельно следует отметить эффект, заключающийся в постоянной скорости работы векторизованной версии алгоритма при работе с ТИ от 2-х до 32-х строк. Он связан в первую очередь с размером пакета векторизации в 32 бита, и таким образом, тестируя все на одной и той же схеме, мы имеем один и тот же объем действий, необходимый для выполнения алгоритма. Тем не менее, если заглянуть в ту же верхнюю строчку таблицы, в сравнении с обычным вариантом алгоритма видно, что накладные расходы по упаковке и распаковке бит в пакет для расчета набора из 32-х строк ТИ за раз не играют никакой ощутимой роли на фоне самого расчета ТИ для схемы данного уровня сложности.

### **Заключение**

В данной работе был представлен основанный на векторизации кода подход к увеличению скорости расчета таблицы истинности при верификации логических схем. Описана техника ее построения с использованием для расчета логических функций встроенного в среду Qt C++ интерпретатора JavaScript QML и особенности, возникающие в частном случае задачи верификации комбинационной логики. Приведена схема и описан принцип работы векторизованного алгоритма, основанный на упаковке входных значений сразу нескольких строк ТИ в одну переменную (по одной для каждого входа исследуемой схемы) и расчете логической функции для всего их набора с последующей распаковкой результатов. Проведены и проанализированы результаты экспериментов по построению таблицы истинности при постепенном двукратном увеличении числа рассчитываемых строк, показывающие преимущество векторизованной версии алгоритма порядка 20 раз при достаточно большом числе строк ТИ.



Таблица

*Эксперименты по сравнению скорости работы обычного и векторизованного алгоритмов расчета ТИ*

№ п/п	Число строк ТИ	Без векторизации, мс	С векторизацией, мс	Выигрыш в скорости, число раз
1	2	0,05	0,05	1,0
2	4	0,08	0,05	1,6
3	8	0,15	0,05	3,0
4	16	0,28	0,05	5,6
5	32	0,55	0,05	11,0
6	64	1,08	0,08	13,5
7	128	2,16	0,13	16,6
8	256	4,31	0,23	18,7
9	512	8,59	0,42	20,5
10	1024	17,25	0,81	21,3
11	2048	34,30	1,59	21,6
12	4096	68,65	3,14	21,8
13	8192	136,61	6,26	21,8
14	16384	272,29	12,57	21,7
15	32768	546,30	25,49	21,4
16	65536	1091,77	51,14	21,3
17	131072	2187,53	104,21	21,0
18	262144	4365,85	209,70	20,9
19	524288	8760,34	421,40	20,8
20	1048576	17492,22	848,77	20,6

**Список литературы**

1. Gupta, A. Formal Hardware Verification Methods: A Survey / A. Gupta // Computer-Aided Verification. – Springer, Boston, MA, 1992. – P. 5-92.
2. Kern, C. Formal Verification in Hardware Design: A Survey / C. Kern, M. R. Greenstreet // ACM Transactions on Design Automation of Electronic Systems (TODAES). – 1999. – Vol. 4. – Iss. 2. – P. 123-193.

3. Захарова, О. В. Верификация программной системы моделирования АЛУ непосредственного формирования в процессах проектирования / О. В. Захарова // Информационные системы и технологии. – 2014. – Т. 84. – № 4. – С. 51-61.
4. Угрюмов, Е. П. Цифровая схемотехника: Учеб. пособие для вузов / Е. П. Угрюмов. – 3-е изд., перераб. и доп. – СПб.: БХВ-Петербург, 2010. – 816 с.: ил.
5. Томас, Д. Логическое проектирование и верификация систем на SystemVerilog / Д. Томас; пер. с англ. А. А. Слинкина, А. С. Камкина, М. М. Чупилко; науч. ред. А. С. Камкин, М. М. Чупилко – М.: МДК Пресс, 2019. – 384 с.: ил.
6. Dias, F. J. O. Truth-table Verification of an Iterative Logic Array / F. J. O. Dias // IEEE Transactions on Computers. – 1976. – Vol. 25. – Iss. 06. – P. 605-613.
7. d'Agostino, M. Are Tableaux an Improvement on Truth-Tables? / M. d'Agostino // Journal of Logic, Language and Information. – 1992. – Vol. 1. – Iss. 3. – P. 235-252.
8. Oumarou, O. QUANTIFY: A Framework For Resource Analysis And Design Verification of Quantum Circuits / O. Oumarou, A. Paler, R. Basmadjian // 2020 IEEE Computer Society Annual Symposium on VLSI (ISVLSI). – IEEE, 2020. – P. 126-131.
9. Воеводин, В. В. Параллелизм в сложных программных комплексах (почему сложно создавать эффективные прикладные пакеты) / В. В. Воеводин // Чебышевский сборник. – 2017. – Т. 18. – № 3 (63). – С. 187-200.
10. Bi, H. H. Applying Propositional Logic to Workflow Verification / H. H. Bi, J. L. Zhao // Information Technology and Management. – 2004. – Vol. 5. – Iss. 3 – P. 293-318.
11. Qt QML [Электронный ресурс]: JavaScript Environment for QML Applications. – Режим доступа: <https://doc.qt.io/qt-6/qtqml-index.html#javascript-environment-for-qml-applications>
12. Vectorization for Java / J. Nie [et al.] // IFIP International Conference on Network and Parallel Computing. – Springer, Berlin, Heidelberg, 2010. – P. 3-17.
13. SIMD in JavaScript via C++ and Emscripten / P. Jensen [et al.] // Workshop on Programming Models for SIMD/Vector Processing. – 2015. – P. 1-7.

# Разработка WEB API для оптико-электронной системы межсамолетной навигации беспилотного летательного аппарата

В. Г. Бондарев, E-mail: dimkaao@yandex.ru  
Д. В. Лопаткин, О.Н. Роговенко, Д.С. Монгуш, Д.Е. Титов,  
М.А. Чернышов

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина»

**Аннотация.** *В работе рассмотрена разработка программного обеспечения для оптико-электронной системы межсамолетной навигации, разработка графического интерфейса пользователя в формате single page application с использованием современных web-технологий на языке программирования javascript и протоколами обмена информации между клиентом и сервером websocket с использованием языка программирования C++.*

**Ключевые слова:** *Система технического зрения, application programming interface, single page application, оптико-электронная система межсамолетной навигации, протокол обмена данными, websocket, javascript, C++*

## Введение

Неоспоримый факт, что на сегодняшний день одно из наиболее актуальных направлений в разработке информационных систем разработка веб-приложений. Эта отрасль стремительно развивается и вместе с тем находит все более широкое применение в решении широкого круга задач в различных сферах деятельности. Особенно высокую востребованность имеет разработка веб-приложений типа single page application (SPA), с использованием средства интеграции приложений application programming interface (API) с наличием протоколов обмена информации в режиме реального времени.

В данной работе будет рассмотрена разработка программного обеспечения для калибровки параметров полета группы беспилотных летательных аппаратов, оснащенных оптико-электронной системой межсамолетной навигации с применением современных средств и методов разработки веб приложений [1].

## 1. Разработка веб-приложения

Первоочередным в разработке ПО является построение его архитектуры. Проект можно разделить на следующие основные составляющие: модуль с вычислительной частью, написанный на языке C++, модуль с графическим интерфейсом и реализованный с помощью стандартизированного языка гипертекстовой разметки HTML, каскадных таблиц стилей CSS, мультипарадигменного языка программирования JavaScript и инфраструктуры адаптивных компонентов пользовательских интерфейсов bootstrap. Кроме того, реализован вспомогательный модуль сборки, который с помощью кроссплатформенной утилиты автоматизации сборки CMake генерирует файлы сборки и позволяет собрать воедино все подключаемые к проекту библиотеки и файлы.

Вычислительный модуль включает в себя исполнительные и заголовочные файлы форматов «.cpp» и «.h», соответственно реализующие расчеты координат, обработку изображения и передачу данных на сервер. Рассмотрим его подробнее. Работа всего модуля в целом описана в исполнительном файле main.cpp. В первую очередь инициализируются переменные для параметров трэкбаров камеры и детектора [2].

Структура директории с графическим интерфейсом имеет следующий вид:

- директория подключенных модулей NodeJs;
- директория Public.

В директории Public описан сам интерфейс. Эта директория включает в себя папки css, img, js и файл index.html. В папке css хранятся каскадные таблицы стилей проекта в целом и подключенные файлы библиотеки bootstrap. В папке js находятся файлы, которые обеспечивают функциональную часть интерфейса, конкретно, отправка запросов для получения данных с сервера и отправка данных обратно на сервер, а также анимация отдельных элементов интерфейса, например, загрузки при переходе на страницу интерфейса в браузере [3].

В папке img хранятся изображения, используемые в интерфейсе. При этом все используемые изображения выполнены в векторной графике. Использование векторной графики позволяет изображениям адаптироваться практически под любое расширение монитора [4].

Интерфейс (рис. 1) имеет пять вкладок. При их переключении изменяется контент окна «параметры». Окна «изображение с СТЗ», «телеметрия» и «лог работы» остаются неизменными при переключении вкладок.

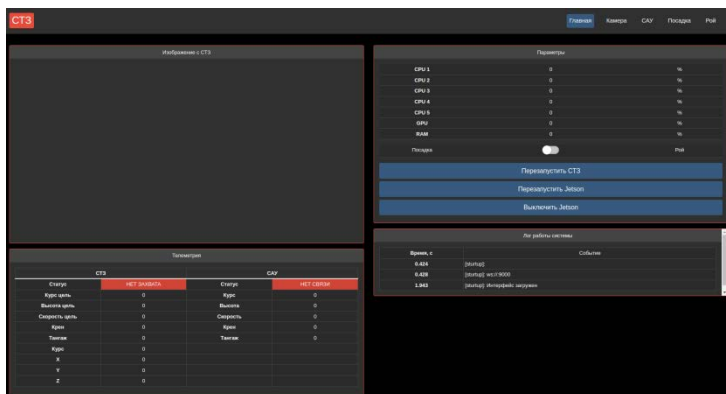


Рис. 1. Графический интерфейс при выключенной СТЗ

Как можно заметить, в верхнем левом углу присутствует красный блок с надписью: «СТЗ». Он является индикатором работы системы технического зрения. При её исправном функционировании он имеет зеленый фон. Также индикаторами работы системы технического зрения и связи с системой автоматического управления служат два поля статуса в окне «телеметрия»

При исправной работе системы технического зрения эти поля аналогично имеют зеленый фон и выдают уведомление о том, что маяки захвачены и связь с автопилотом присутствует. Помимо этого, в окне «телеметрия» выводятся все значения, рассчитываемые в программе написанной на языке C++, а также данные выдаваемые автопилотом. Во вкладке изображения с СТЗ поступает изображение с камеры.

В окне «лог работы системы» в реальном времени выдается статус работы программы, статус подключения к серверу и изменения параметров с указанием времени этого события как показано на рис. 2.

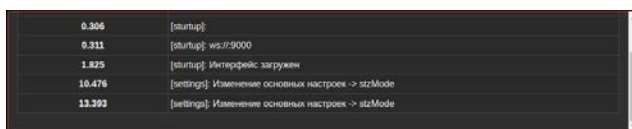


Рис. 2. Работа окна «лог системы» при изменении режима полета

Во вкладке “камера” (рис. 3) задаются значения фокуса камеры, устанавливается режим изображения: цветной или черно-белый и

задаются все диапазоны и значения трэкбаров параметров обработки изображения, получаемого СТЗ.

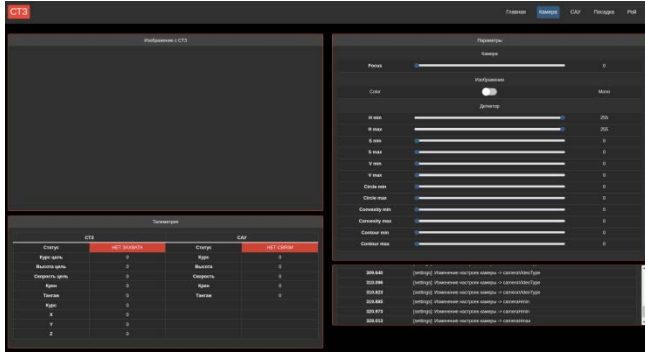


Рис. 3. Вкладка камера

Во вкладке "САУ" (рис. 4) устанавливается режим управления и задаются его параметры.

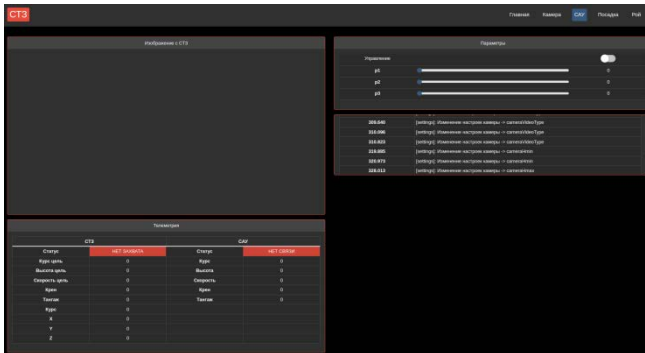


Рис. 4. Вкладка САУ

Во вкладке "посадка" (рис. 5) задается конфигурация маяков для осуществления посадки. Для наглядности присутствует изображение с их расположением и обозначением изменяемых параметров.

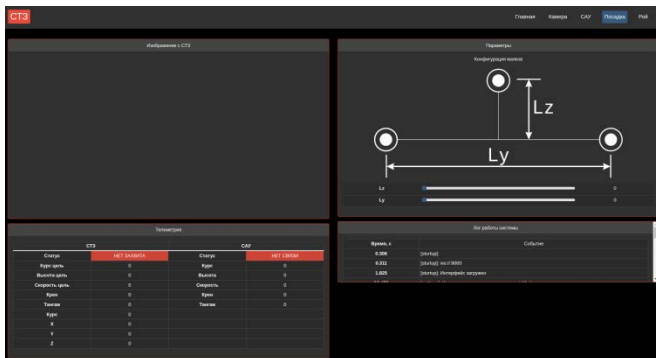


Рис. 5. Вкладка посадки

Во вкладке “рой” (рис. 6) также устанавливается конфигурация маяков, но уже для режима полета. Помимо этого задается конфигурация построения, также с рисунком, на котором обозначены изменяемые параметры.

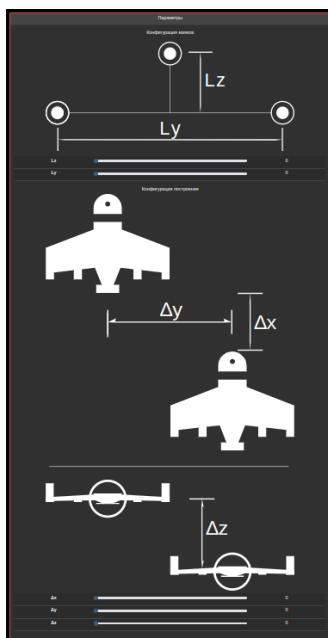


Рис. 6. Вкладка рой

Связь между интерфейсом и системой технического зрения осуществляется посредством запуска локального сервера и установления websocket-соединения. Данный подход позволяет производить обмен данными между сервером и API, в режиме реального времени, что не могло быть осуществимо используя другой протокол обмена, например, http. При таком подходе, для получения актуальных данных с сервера приходилось бы каждый раз обновлять страницу с интерфейсом, что не подходит для реализации поставленной задачи, так как для корректной работы системы технического зрения и наиболее эффективного управления данные должны поступать непрерывно и без задержек.

Принцип работы взаимодействия интерфейса и системы технического зрения следующий. При запуске системы автоматически запускается локальный сервер. Для решения данной задачи был использован Express.js.

В первую очередь подключается Express. Затем создается класс, который инициализирует веб-приложение и переменную, в которой указывается порт, на котором будет находиться содержимое отправляемое на сервер. После чего прописывается метод отправляющий необходимую html форму на сервер и метод будет “слушающий” события поступающие по заданному порту.[5]

Далее взаимодействие осуществляется с помощью прописанных классов в программе клиента и сервера. Задаются условия передачи данных, их парсинг и события, которые отслеживают получение данных и реализуют отправку данных на сервер. Алгоритм обмена данными сводится к тому, что при изменении значений слайдеров в интерфейсе или нажатии на одну из кнопок формируется массив данных, который преобразуется в json-формат и затем создается событие, которое отправляет эти данные на сервер. Параллельно работает метод, который отслеживает эти события и при их обнаружении захватывает данные с сервера, получает их в программе C++ и преобразует из json-формата в необходимый для работы формат. После чего осуществляется двусторонний обмен данными аналогичным способом. В программе C++ данные необходимые для передачи в интерфейс формируют массив формата json и передают их на сервер. Методы, прописанные в программе клиента, отслеживают событие и принимают данные с сервера, после чего также преобразуют из json-формата в необходимый и отправляют в заданные формы html, где они отображаются.



## **Заключение**

В результате разработано кроссплатформенное программное обеспечение с адаптивным графическим интерфейсом, поддерживаемое большинством браузеров, повышающее эффективность калибровки оптико-электронной системы межсамолетной навигации за счет интуитивно понятного расположения элементов управления и возможности изменять параметры полета в режиме реального времени.

## **Список литературы**

1. Верба, В.С. Комплексы с беспилотными летательными аппаратами. Кн. 1. Принципы построения и особенности применения комплексов с БЛА / В.С. Верба. – М.: Радиотехника, 2016. – 512 с.
2. Пат. 2626017 Российская Федерация, МПК51 G 01S 13/46. Способ навигации подвижного объекта / Кудаев А.Н., Косенко А.А., Бондарев В.Г., Ипполитов С.В., Озеров Е.В., Лопаткин Д.В. (РФ); заявители и патентообладатели ВУНЦ ВВС «ВВА». – № 2016130484; заявл. 25.07.16. – 7 с.
3. Дронов, В.А. JavaScript в Web-дизайне / В.А. Дронов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2017. – 880 с.
4. Дронов, В.А. Laravel. Быстрая разработка современных динамических Web-сайтов на PHP, MySQL, HTML и CSS. / В.А. Дронов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2017. – 768 с.
5. Книга веб-программиста. Секреты профессиональной разработки веб-сайтов / Б. Хоган [и др] . – Москва: Мир, 2013. – 288 с.

# Фотометрическая функция энергии в задаче нежесткой регистрации лица

А. Д. Борисов, email: radiatus@yandex.ru

Воронежский государственный университет

**Аннотация.** *Разработан подход по использованию фотометрической функции энергии для сравнения рендера лица человека с целевым изображением, который может использоваться для решения задач нежесткой регистрации человеческого лица.*

**Ключевые слова:** *нежесткая регистрация, компьютерная графика, захват движения, цифровые дублиры.*

## Введение

Современные стандарты индустрии кино и видеоигр требуют тщательности и точности в воспроизведении внешности людей. Важное место в области компьютерной графики занимает создание правдоподобных трехмерных моделей человеческого лица, так называемых цифровых дублеров реальных актеров [1]. Однако, интерес представляют не статичные модели, а целиком отыгранная актером сцена. В таких сценах особое внимание уделяется мелким деталям, так как обычный зритель легко может отличить подделку в виде цифрового дублера. Для решения задачи захвата мимики актера используют алгоритмы нежесткой регистрации.

Алгоритмы нежесткой регистрации представляют собой задачу оптимизации параметров определённой модели деформации человеческого лица с целью минимизации некой функции энергии. В наиболее продвинутых алгоритмах для плотного захвата используют функцию энергии, основанную на расчете оптического потока от первого кадра к последнему [2-4]. Далее выполняется последовательный расчет нежесткой регистрации с учетом оптического потока [5]. Для вычисления очередного кадра используется в качестве инициализации результат нежесткой регистрации из предыдущего кадра. К недостаткам данного подхода можно отнести требование наличия уже готового первого кадра секвенции, а также накапливание ошибок при последовательных вычислениях.

Более рациональным был бы вариант использования функции, основанной на вычислении оптического потока между рендером лица и целевым изображением для каждого кадра независимо. Это позволило

бы избежать последовательных вычислений с накапливанием ошибки и производить расчет нежесткой регистрации для каждого кадра параллельно. Однако, расчет оптического потока проводится отдельно от общей задачи нежесткой регистрации, и при этом не учитывается форма человеческого лица, что влечет за собой появление артефактов. Эта проблема особенно проявляется при ограниченном числе камер, например, при захвате со стереокамеры шлема [6].

Таким образом, возникает потребность в наличии функции энергии, которая позволяла бы осуществлять сравнение рендера лица с целевым изображением для задачи нежесткой регистрации человеческого лица.

В настоящей работе описана фотометрическая функция энергии и подход по ее применению для задачи нежесткой регистрации человеческого лица.

### **1. Функция энергии**

Для понимания предложенной функции энергии необходимо подробнее остановиться на проблеме использования оптического потока.

Оптический поток используется при обработке данных с видеограмметрических установок. Он вычисляется между рендером нынешнего состояния геометрии с текстурой и целевым изображением для каждого ракурса. Данный подход основывается на использовании нейтральной текстуры для рендера каждого состояния геометрии, и единственная причина, по которой этот подход дает удовлетворительное качество – большое число камер. При поиске потока между рендером и целевым изображением для каждой камеры итоговое решение складывается из всех результатов потока, тем самым получается среднее решение, которое направлено в нужную сторону.

В случае небольшого количества камер использование оптического потока приводит к существенным артефактам и неправильному решению. Особенно это заметно при осуществлении нежесткой регистрации по двум камерам, закрепленным на шлеме актера. Оптический поток из одного ракурса начинает конфликтовать с оптическим потоком другого ракурса. Отмеченная трудность возникает также по причине независимой работы алгоритма поиска оптического потока для каждого ракурса. Он не содержит информации о другом ракурсе и об объектах сцены. В настоящей работе предлагается способ, который позволяет находить соответствия между рендером и целевым изображением каждой камеры согласованно между ракурсами за счет включения в общую задачу нежесткой регистрации.

Для применения этой техники сначала необходимо провести трассировку лучей через каждый пиксель целевого изображения, чтобы определить пары типа (пиксель; трехмерная точка на геометрии).

Далее на этапе оптимизации каждая трехмерная точка актуального состояния геометрии проецируется обратно в пространство изображения. Затем вычисляется значение пикселя рендера в этой точке и сравнивается со значением целевого изображения в этой же точке.

Итоговая формула данной функции энергии выглядит следующим образом:

$$E_{photo} = \sum_{i=1}^{points} \|I(\text{projection}(\mathbf{S}_i)) - \mathbf{P}_i\|_2^2 \quad (1)$$

где  $\mathbf{P}_i$  – значение цвета пикселя на целевом изображении, которое соответствует вершине  $\mathbf{S}_i$ ;  $I$  – функция взятия значения цвета пикселя с рендера для спроецированной вершины геометрии  $\text{projection}(\mathbf{S}_i)$ .

Таким образом, данная функция энергии может быть встроена в общую задачу нежесткой регистрации. Это позволяет использовать априорную информацию из модели деформации о форме человеческого лица, уменьшив тем самым количество артефактов.

## 2. Подготовка данных

Использование только вышеописанной функции энергии при сравнении рендера геометрии лица с целевым изображением требует дополнительных нововведений в общую задачу нежесткой регистрации.

Для полноценного использования функции энергии необходимо дополнительно генерировать текстуру, соответствующую нынешнему состоянию геометрии, а также симулировать освещение. Это осуществимо при наличии ключевых геометрий и соответствующих им текстур конкретного актера.

Ключевые геометрии представляют собой набор трехмерных моделей выражений лиц данного актера, покрывающий значительную часть того, что может изображать человеческое лицо. Пример таких геометрий представлен на рис. 1.

Данные геометрии должны иметь общую топологическую сетку. Эти геометрии и текстуры будут использоваться для генерации динамической текстуры внутри алгоритма нежесткой регистрации с целью осуществления более точного сравнения рендера и целевого изображения.



*Рис. 1.* Пример ключевых геометрий с текстурами

### **3. Динамическая текстура**

Для улучшения работы алгоритма при нахождении соответствий между рендером и целевым изображением происходит генерация динамической текстуры. Она требует набора пар вида (геометрия; текстура). В качестве таких пар возьмем ключевые геометрии и текстуры актера.

Основная идея метода генерации динамической текстуры состоит в обучении регрессора [7] определению текстуры конкретного региона на основе формы геометрии этого региона. Для этой цели необходимо разбить геометрию на регионы, после чего независимо обучить регрессор для каждого региона. В конечном счете, для каждого текущего состояния геометрии в момент оптимизации будет отрабатывать общий регрессор, который будет генерировать для каждого региона соответствующую текстуру. Сравнительный пример рендера с динамической и нейтральной текстурами представлен на рис. 2.

### **4. Симуляция освещения**

Необходимо также провести симуляцию освещения, так как сгенерированная текстура имеет равномерное освещение, которое получается в момент съемки ключевых выражений лица актера. Для решения этой задачи можно использовать сферические гармоники [8], которые являются стандартом игровой индустрии для быстрой симуляции освещения бесконечно далекого источника света. Освещение получается с помощью расчета специального базиса гармоник из векторов нормалей геометрии. «Золотой серединой» качества и стабильности является использование сферических гармоник третьего порядка [8]. Пример симуляции освещения изображен на рис. 3.



а б в

*а – целевое изображение, б – рендер геометрии с нейтральной текстурой, в – рендер геометрии с динамической текстурой*

*Рис. 2. Пример динамической текстуры*



а б в

*а – рендер геометрии с нейтральной текстурой, б – рендер геометрии с динамической текстурой, в – рендер геометрии с динамической текстурой и освещением*

*Рис. 3. Пример симуляции освещения*

### **Заключение**

В ходе работы описана фотометрическая функция энергии и подход по ее применению для задачи нежесткой регистрации человеческого

лица. Предложенный подход позволяет осуществлять расчет нежесткой регистрации для каждого кадра независимо, а также без наличия артефактов при использовании оптического потока.

### **Список литературы**

1. Borshukov, G. Image-based Facial Animation for “The Matrix Reloaded” / G. Borshukov, D. Pioni // ACM SIGGRAPH computer graphics. – New York, 2003. – P. 16.
2. Weinzaepfel, P. DeepFlow: Large displacement optical flow with deep matching / P. Weinzaepfel, J. Revaud // IEEE International Conference on Computer Vision. – 2013. – P. 1385-1392.
3. Brox, T. Large displacement optical flow: descriptor matching in variational motion estimation / T. Brox, J. Malik // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 2011. – P. 500-513.
4. Sun, D. Secrets of optical flow estimation and their principles / D. Sun, S. Roth // IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. – 2010. – P. 2432-2439.
5. Beeler, T. High-Quality Passive Facial Performance Capture using Anchor Frames / T. Beeler, F. Hahn // ACM SIGGRAPH computer graphics. – New York, 2011. – P. 1-10.
6. Serra, J. Simplified facial capture with head mounted cameras / J. Serra, L. Moser // ACM SIGGRAPH computer graphics. – New York, 2021. – P. 1-2.
7. Biancolini, M. Fast radial basis functions for engineering applications / M. Biancolini // Springer International Publishing. – 2018. – P. 7-78.
8. Eugen, A. Dynamic 3D avatar creation from hand-held video input / A. Eugen, S. Bouaziz // ACM SIGGRAPH computer graphics. – New York, 2015. – P. 1-14.

## **ECS-подход в разработке компьютерных игр**

А. А. Введенский, e-mail: artvved2000@mail.ru

Воронежский Государственный Университет

**Аннотация.** *Рассмотрен архитектурный паттерн Entity-Component-System, его структура и особенности, выявлены положительные и отрицательные свойства, определены полезные практики использования.*

**Ключевые слова:** *архитектурный паттерн, Entity-Component-System, разработка игр.*

### **Введение**

В прошлом веке в повседневную жизнь человека и в сферы его деятельности начали проникать различные информационные системы. Разработка таких систем, развиваясь, приобретала некоторые черты: формулировались основные принципы, появлялись методологии, как например: “Водопадная модель”, “V-модель”. Но с ростом плохо структурированных приложений без разделения логики становилась понятна их запутанность и невозможность поддержки из-за большой траты ресурсов, поэтому нередко разросшиеся приложения приходилось переписывать с нуля. Чтобы решить проблему с разделением обязанностей частей кода и улучшить его повторную используемость был предложен архитектурный паттерн MVC. Стали появляться и другие паттерны, популярность которых увеличилась после публикации книги Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software.

Архитектурный паттерн – это общее, многократно используемое решение часто встречающейся проблемы в архитектуре программного обеспечения в данном контексте [1]. В контексте разработки компьютерных игр также используются различные паттерны [2]. Нередко можно встретить реализацию с использованием MVC, в игровом движке Unity предлагается паттерн Entity-Component, в котором объекты на сцене выступают в роли сущностей, а компоненты хранят данные и реализуют логику работы с ними. Каждый компонент, будучи отдельным объектом со своим API и ожидаемым поведением, зачастую сам обрабатывает или изменяет свои данные по чьему-либо обращению. Под специфичную задачу разработки видеоигр создаются собственные паттерны. Так, в 2007 году был создан новый паттерн Entity-Component-System (ECS).



ECS – это архитектурный паттерн, созданный для описания динамического виртуального мира, в силу своей специфики он отлично подходит под задачу разработки игр [3]. Имеет место следующая актуальная задача – рассмотрение структуры, особенностей архитектурного паттерна ECS, выявление его положительных и отрицательных свойств, определение полезных практик его использования.

## 1. Паттерн ECS и его структура

Расшифруем название паттерна:

– Entity – сущность, представляющая из себя абстрактный объект. Хранилище для свойств, которые определяют, чем будет являться эта сущность. Зачастую представляется в виде идентификатора для доступа к данным.

– Component – компонент, свойство с данными объекта. В ECS делается акцент на то, что компонент содержит только чистые данные, без логики работы с ними.

– System – система, логика обработки данных. В ECS важно, что системы должны содержать только логику работы с данными, но не сами данные.

На рис. 1 представлена структура рассматриваемого паттерна.

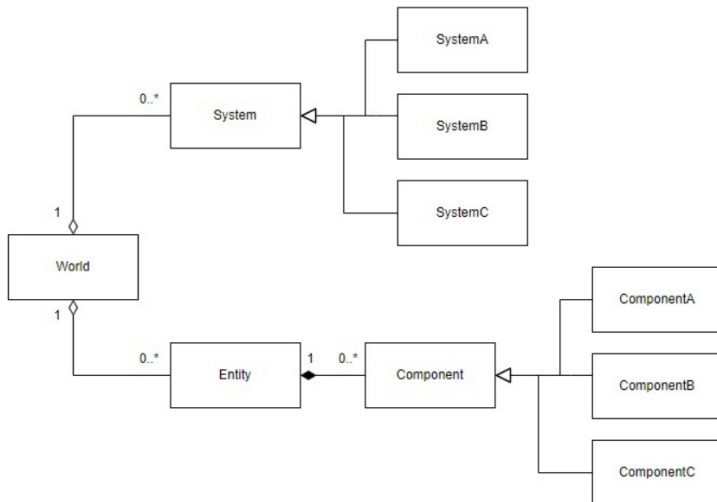


Рис. 1. Структура паттерна ECS

Согласно приведенной структуре, ECS-мир содержит в себе коллекции систем и сущностей. Сущности содержат изменяемый набор компонентов. Доступ из систем к набору сущностей, содержащих определенный набор компонентов, предоставляется публичными методами ECS-мира. Специфика вызова этих методов зависит от реализации в конкретном ECS-фреймворке, но в большинстве из них получение доступа к определенному набору сущностей схоже с формированием запроса к базе данных.

В Entity-Component-System данные строго отделены от логики. Поведение объекта определяется не интерфейсами, как в классическом объектно-ориентированном программировании, а присвоенными объекту свойствами с данными и существующей отдельно логикой обработки этих данных. Главное свойство ECS, которое выделяет его на фоне других подходов к разработке – всё есть данные [4]. Данными выражены и свойства объекта, и его характеристики, и события. Такой подход поможет соблюдать принцип Composition Over Inheritance [5].

Логика реализуется конвейерной обработкой данных. В каждой итерации игрового цикла системы последовательно получают доступ к определенным компонентам сущностей и изменяют данные этих компонентов. Таким образом, порядок выполнения систем играет большую роль. На рис. 2 представлена конвейерная схема работы систем.

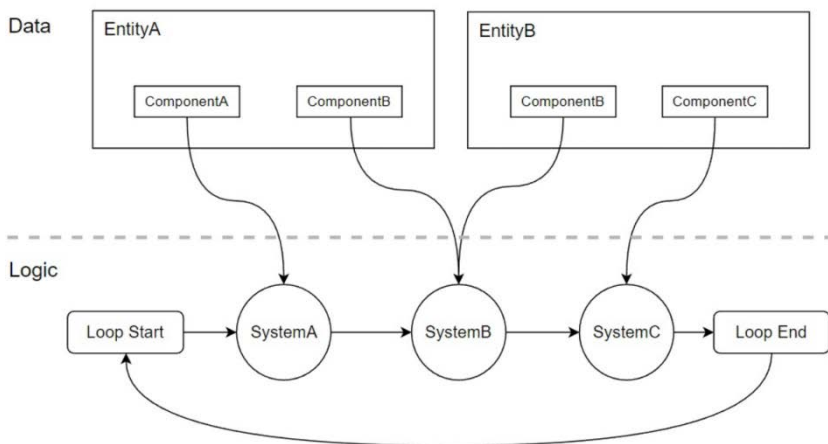


Рис. 2. Конвейерная схема работы систем

## **2. Достоинства и недостатки ECS**

У каждого архитектурного паттерна есть свои достоинства и недостатки, и ECS не является исключением. Рассмотрим некоторые преимущества данного подхода:

- Слабое сопряжение кода – хорошее свойство кода, выражающееся в отсутствии необходимости изменения классов при изменении сопряженных классов [6]. Это свойство полезно при разработке игр, так как позволит легко расширить кодовую базу добавлением новой логики без изменения старых частей.

- Хорошая модульность и тестируемость логики. В ECS логическая часть работает только с чистыми данными, поэтому она отвязана от их источника. Это свойство позволит облегчить как повторное использование логики в другом проекте, так и ее тестирование.

- Комбинаторика свойств. Это достоинство паттерна позволит проще изменять и добавлять игровую логику под постоянно меняющиеся требования геймдизайнеров.

- Простота в соблюдении принципа единой ответственности. Так как логика не привязана к какому-либо объекту, то становится проще разбивать ее по назначению и не привязываться к ее месту в иерархии. Каждая система выполняет конкретную задачу, свойственную только ей.

Рассмотрим некоторые недостатки данного подхода:

- Публичный доступ к данным. В ECS данные компонентов каждой сущности публично доступны. Таким образом, их можно изменить в любом месте программы, что может привести к некорректности ее работы, а произойти из-за неопытности разработчиков или их некачественного взаимодействия внутри команды.

- Важна независимость систем. Системы работают только с данными, не знают о существовании других систем и не могут к ним обращаться.

- Важен порядок выполнения систем. Системы выполняются последовательно в заданном порядке, поэтому важно учитывать влияние конкретной системы на данные при выборе ее очередности.

- Большое количество классов. Количество файлов в проекте с использованием ECS растет быстрее, чем в проектах, использующих классические подходы, так как вместо одного класса с данными и логикой приходится создавать минимум один компонент и минимум одну систему.

## **3. Хорошие практики при использовании ECS**

За время существования ECS сформировались некоторые полезные практики его использования, которые помогают бороться с

недостатками паттерна и грамотно использовать его достоинства. Рассмотрим некоторые из них:

- Маркировка сущностей. Чтобы пометить определенные сущности в ECS, можно добавить этой сущности компонент без полей – компонент-маркер. Благодаря этому компоненту можно будет легко найти нужные сущности.

- Распределение классов в проекте по функциональности, а не по типу. Распределение по типу приведет к усложнению поиска нужного класса, так как количество файлов в ECS больше по сравнению с классическим подходом.

- Отложенная реактивность. Вместо моментальной реакции на возникшее событие происходит создание компонента, который обозначает возникновение этого события. Благодаря данному компоненту определенные системы будут уведомлены о произошедшем событии и смогут на него отреагировать.

### **Заключение**

Рассмотрен архитектурный паттерн Entity-Component-System, его структура и особенности, выявлены положительные и отрицательные свойства, определены полезные практики использования.

Паттерн является ориентированным на данные, имеет строгое распределение обязанностей частей своей структуры. Благодаря его особенностям и положительным характеристикам рассмотренный архитектурный паттерн является достойной альтернативой существующим и удобным инструментом для описания динамического виртуального мира, что делает его востребованным в области разработки компьютерных игр.

### **Список литературы**

1. Архитектурный паттерн [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://en.wikipedia.org/wiki/Architectural\\_pattern](https://en.wikipedia.org/wiki/Architectural_pattern)
2. Nystrom, R. Game Programming Patterns / R. Nystrom. – New York: Genever Benning, 2014. – 8 p.
3. Основные принципы использования ECS в разработке игр [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vc.ru/education/118840-osnovnyye-principyu-ispolzovaniya-ecs-v-razrabotke-igr>
4. Всё что нужно знать про ECS [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/665276/>
5. Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software / E. Gamma [et al.]. – Boston: Addison-Wesley, 1995. – 31 p.
6. McConnell, S. Code Complete / S. McConnell. – 2nd ed. – Redmond: Microsoft Press, 2004. – 80 p.

# Восстановление динамически искаженных сигналов

А. В. Дылевский, email: nefta@yandex.ru

Воронежский государственный университет,  
Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова  
(Воронежский филиал)

**Аннотация.** *Рассматривается задача восстановления сигналов, искаженных динамикой. На основе метода синтеза модальных регуляторов разработан метод построения передаточной функции устройства, обеспечивающего асимптотически точное помехозащищенное восстановление динамически искаженных сигналов, принадлежащих достаточно широкому классу.*

**Ключевые слова:** *динамически искаженный сигнал, передаточная функция, модальный регулятор.*

## Введение

К задаче фильтрации примыкает задача восстановления сигнала, искаженного динамикой. Это задача восстановления входного сигнала по известному выходному или наблюдаемому сигналу и известной передаточной функции измерительного устройства [1]. Такая задача является достаточно типичной и часто возникает при получении информации о состоянии объекта управления. Как правило, эта информация получается с помощью инерционных датчиков, инерционность которых плохо влияет на устойчивость и качество замкнутой системы. Поэтому восстановление динамически искаженного входного сигнала позволяет уменьшить влияние инерционности датчиков и в некоторых случаях может иметь первостепенное значение.

## 1. Постановка задачи

Следуя принципу поглощения [2], класс входных сигналов  $f : C^r[0, +\infty) \rightarrow R$  будем описывать дифференциальным уравнением

$$\sum_{i=0}^r \alpha_i f^{(r-i)}(t) = 0, \alpha_i \in R, \alpha_0 = 1, \quad (1)$$

с произвольными начальными условиями. Конкретный сигнал из данного класса определяется начальными условиями уравнения (1).

Заданный класс сигналов является достаточно широким. Действительно, экспоненциальные функции, алгебраические и

тригонометрические многочлены и вообще квазиполиномы удовлетворяют требуемым условиям.

Предположим, что имеется датчик (объект)

$$W_{об}(p) = \frac{B(p)}{A(p)}, \quad (2)$$

искажающий полезный сигнал  $f(t)$  (см. рис. 1). Здесь предполагается, что многочлены  $A(p)$  и  $B(p)$  являются взаимно простыми, т.е. не имеют общих корней. Отметим, что объект (2) может быть неустойчивым или неминимально-фазовым.

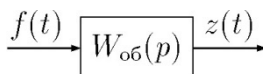


Рис. 1.

Требуется по  $z(t)$ , т.е. по выходу объекта  $W_{об}(p)$ , восстановить сигнал  $f(t)$ .

## 2. Описание метода решения поставленной задачи

Для решения поставленной задачи воспользуемся методом синтеза модальных регуляторов по передаточной функции замкнутой системы [3, 4]. С этой целью применим к дифференциальному уравнению (1) преобразование Лапласа. Учитывая свойства линейности и дифференцирования оригинала [5], получаем

$$F(p) = \frac{F_0(p)}{H(p)}, \quad (3)$$

где

$$H(p) = \sum_{i=0}^r \alpha_i p^{r-i},$$

$F_0(p)$  — некоторый алгебраический многочлен относительно  $p$  степени не выше  $r-1$ , коэффициенты которого определяются значениями  $f^{(i)}(+0)$ ,  $i = \overline{0, r-1}$ . При этом определение конкретного вида многочлена  $F_0(p)$  для решения поставленной задачи не требуется.

Рассмотрим замкнутую систему со структурной схемой, представленной на рис. 2. По структурной схеме находим

$$G(p) = W(p)Z(p), \quad W(p) = \frac{W_p(p)}{1 + W_{об}(p)W_p(p)}. \quad (4)$$

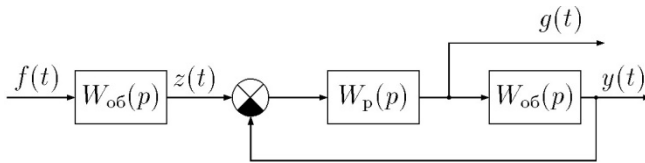


Рис. 2.

Выпишем далее изображение по Лапласу ошибки восстановления сигнала. Принимая во внимание формулу (4), получаем

$$E(p) = F(p) - G(p) = F(p) - \frac{W_p(p)}{1 + W_{ог}(p)W_p(p)} Z(p). \quad (5)$$

Согласно структурной схеме, представленной на рис. 1, имеем

$$Z(p) = W_{ог}(p)F(p).$$

Подставляя найденное  $Z(p)$  в формулу (5), после элементарных преобразований находим

$$E(p) = \frac{1}{1 + W_{ог}(p)W_p(p)} F(p). \quad (6)$$

Пусть передаточная функция замкнутой системы имеет вид

$$W_{з.с.}(p) = \frac{Q(p)}{D(p)}. \quad (7)$$

Здесь

$$Q(p) = \sum_{i=0}^n q_i p^{n-i}, \quad D(p) = \sum_{i=0}^n d_i p^{n-i}, \quad (8)$$

$D(p)$  — заданный произвольный характеристический многочлен замкнутой системы,  $Q(p)$  — многочлен, требующий дальнейшего определения. Ограничение на степень  $n$  определяется условиями физической реализуемости передаточных функций регулятора и замкнутой системы. Условие для выбора  $n$  будет дано ниже. Передаточную функцию регулятора в соответствии с [4] следует выбирать следующим образом:

$$W_p(p) = \frac{S(p)}{R(p)}, \quad (9)$$

где  $S(p)$  и  $R(p)$  определяются условиями:

$$\begin{aligned} S(p) &= S_0(p) + A(p)C(p), \\ R(p) &= R_0(p) - B(p)C(p). \end{aligned} \quad (10)$$

Здесь  $C(p)$  — произвольный полином, а многочлены  $S_0(p)$  и  $R_0(p)$  являются решением следующего полиномиального уравнения:

$$B(p)S_0(p) + A(p)R_0(p) = D(p). \quad (11)$$

Следует отметить, что многочлены  $S_0(p)$  и  $R_0(p)$  не зависят от  $C(p)$ .

Условие физической реализуемости передаточных функций замкнутой системы (7) и регулятора (9) задается неравенством

$$n \geq m + \max\{m - l, l\} + k, \quad (12)$$

где

$$m = \deg A, \quad l = \deg B, \quad k = 1 + \deg C.$$

Учитывая формулы (2), (3), (9) – (11) из (6) находим

$$E(p) = \frac{A(p)R(p)}{D(p)} F(p) = \frac{A(p)R(p)}{D(p)} \frac{F_0(p)}{H(p)}. \quad (13)$$

Дополнительно потребуем, чтобы многочлены  $A(p)$  и  $H(p)$  не имели общих правых и нейтральных корней.

Если у многочлена  $H(p)$  имеются правые или нейтральные корни, то представим  $H(p)$  следующим образом:

$$H(p) = H_-(p)H_+(p).$$

Здесь  $H_-(p)$  — алгебраический многочлен, содержащий все левые корни  $H(p)$ ,  $H_+(p)$  — алгебраический многочлен, содержащий все правые и нейтральные корни  $H(p)$ .

Из (13), принимая во внимание условие (10), получаем

$$E(p) = \frac{A(p)[R_0(p) - B(p)C(p)]F_0(p)}{D(p)H_-(p)H_+(p)}. \quad (14)$$

Выберем произвольный многочлен  $C(p)$  таким образом, чтобы выполнялось следующее условие:

$$R_0(p) - B(p)C(p) = R_1(p)H_+(p), \quad (15)$$

где  $R_1(p)$  — некоторый многочлен. В [4] показано, что условие (15) всегда может быть выполнено единственным способом. В частности, для определения коэффициентов многочлена  $C(p)$  рассмотрим уравнение



$$R_0^{(v)}(\gamma_i) - (B(\gamma_i)C(\gamma_i))^{(v)} = 0, \quad v = \overline{0, \mu_i - 1}, \quad (16)$$

где  $\gamma_i$  — правый или нулевой вещественный корень кратности  $\mu_i$  многочлена  $H_+(p)$ . В том случае, если  $\gamma_i$  — правый или нейтральный комплексный корень кратности  $\mu_i$ , то уравнение (15) можно записать в виде

$$\begin{cases} R_0^{(v)}\left(\frac{\gamma_i + \bar{\gamma}_i}{2}\right) - \left(B\left(\frac{\gamma_i + \bar{\gamma}_i}{2}\right)C\left(\frac{\gamma_i + \bar{\gamma}_i}{2}\right)\right)^{(v)} = 0, \\ R_0^{(v)}\left(\frac{\gamma_i - \bar{\gamma}_i}{2j}\right) - \left(B\left(\frac{\gamma_i - \bar{\gamma}_i}{2j}\right)C\left(\frac{\gamma_i - \bar{\gamma}_i}{2j}\right)\right)^{(v)} = 0, \end{cases} \quad (17)$$

где  $v = \overline{0, \mu_i - 1}$ ,  $j^2 = -1$ ,  $\gamma_i, \bar{\gamma}_i$  — комплексно сопряженные корни.

Из уравнений (16), (17) следует, что в условии физической реализуемости (12) значение  $k$  определяется следующей формулой:

$$k = \sum_{i=1}^{\rho} \mu_i, \quad (18)$$

где  $\rho$  — количество правых и нейтральных корней многочлена  $H(p)$ , т.е. количество корней многочлена  $H_+(p)$ .

В [4] показано, что система линейных алгебраических уравнений (16), (17) всегда имеет единственное решение.

Тогда изображение по Лапласу ошибки восстановления сигнала принимает окончательный вид

$$E(p) = \frac{A(p)R_1(p)F_0(p)}{D(p)H_-(p)} \div \varepsilon(t). \quad (19)$$

Так как многочлены  $H_-(p)$  и  $D(p)$  являются устойчивыми, то в силу свойств преобразования Лапласа из (19) сразу следует, что  $\varepsilon(t) \rightarrow 0$  при  $t \rightarrow +\infty$ .

Таким образом, устройство с передаточной функцией  $W(p)$ , определяемой по формуле (4), осуществляет асимптотически точное восстановление принадлежащего классу (1) произвольного сигнала, искаженного динамикой объекта (2).

Особо отметим, что благодаря возможности выбора желаемого характеристического многочлена  $D(p)$  можно получить любой относительный порядок передаточной функции  $W(p)$  и, тем самым,

обеспечить фильтрующие свойства по отношению к высокочастотным аддитивным помехам измерения сигнала  $z(t)$ .

### **Заключение**

В данной работе была рассмотрена задача восстановления сигнала, искаженного динамикой. С помощью метода синтеза модальных регуляторов разработан метод построения передаточной функции устройства, обеспечивающего асимптотически точное восстановление динамически искаженных сигналов, принадлежащих достаточно широкому классу. За счет выбора желаемых полюсов такого устройства можно влиять на точность и скорость восстановления входного сигнала, а также на фильтрующие свойства устройства восстановления.

### **Список литературы**

1. Восстановление динамически искаженного сигнала на основе теории оптимальных динамических измерений / А. Л. Шестаков [и др.] // Автоматика и телемеханика. – 2021. – № 12. – С. 125-137.
2. Вишняков, А. Н. Синтез модальных дискретных систем управления / А. Н. Вишняков, Я. З. Цыпкин // Автоматика и телемеханика. – 1993. – № 7. – С. 86-94.
3. Лозгачев, Г. И. Синтез модальных регуляторов по передаточной функции замкнутой системы / Г. И. Лозгачев // Автоматика и телемеханика. – 1995. – № 5. – С. 49-55.
4. Дылевский, А. В. Синтез конечномерных регуляторов для бесконечномерных объектов : учебник Воронежского государственного университета / А. В. Дылевский, Г. И. Лозгачев, В. С. Малютин. – Воронеж : Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета, 2012. – 298 с.
5. Диткин, В. А. Операционное исчисление : учебное пособие для вузов / В. А. Диткин, А. П. Прудников. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Высшая школа, 1975. – 407 с.

## Применение прогнозатора для расчета оценки прогноза заданного сигнала

А. В. Дылевский, email: nefta@yandex.ru<sup>1,2</sup>  
Д. А. Хрипушин, email: qerpm@outlook.com<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Воронежский филиал Российского экономического университета имени Г. В. Плеханова

<sup>2</sup> Воронежский государственный университет

**Аннотация.** В данной работе рассматривается метод вычисления оценки прогноза сигнала с помощью автоматического реализуемого прогнозатора. Такие задачи возникают как в теории автоматического управления, так и в различных приложениях, где требуется получить прогноз по наблюдаемой реализации. Актуальность проведенного исследования определяется тем, что при нахождении прогноза некоторого сигнала на время упреждения существенное значение может иметь время вычисления прогноза. Если время вычисления прогноза больше времени упреждения, то полученный прогноз не имеет смысла. Поэтому при прогнозировании надо стремиться к тому, чтобы время вычисления прогноза было значительно меньше времени упреждения. В этом случае будет запас времени для принятия решений. Предлагаемый в рассматриваемой статье метод позволяет рационально организовать вычислительную схему прогнозирования и уменьшить время вычисления прогноза. В статье получена явная расчётная формула для вычисления оценки прогноза заданного входного сигнала. Формула сводится к вычислению на каждом временном шаге взвешенных интегралов входного сигнала. В данной статье предложен способ уменьшения количества операций интегрирования на каждом шаге. Это позволяет уменьшить время вычисления прогноза при сохранении точности. Предложенный метод может быть применён как для непрерывных (аналоговых), так и для дискретных сигналов.

**Ключевые слова:** прогнозатор, передаточная функция, время вычисления, точность прогноза.

### Введение

Фондовый рынок динамичен, чередование периодов роста и спада для него – естественное состояние. Данная волатильность влияет не только на локальные, но и на глобальные международные рынки.

Однако продолжительность и амплитуда роста или падения не одинакова, в связи с чем, чтобы определить дальнейшую тенденцию, важнокорректно применять различные экономические индикаторы. В данной статье рассматривается применение опережающих индикаторов.

Такие индикаторы предоставляют информацию о начале трендов, которые еще явно себя не проявили. Опережающие индикаторы могут использоваться для прогнозирования экономических процессов, для принятия обоснованных инвестиционных решений и своевременного проведения ребалансировки инвестиционного портфеля. Очевидно, что для построения опережающих индикаторов требуется определение в настоящем будущей тенденции, что в конечном итоге приводит к необходимости прогнозирования экономических процессов.

Очевидно, что любые экономические процессы характеризуются набором некоторых параметров. В этой связи во многих направлениях и областях появляются задачи прогнозирования параметров: прогнозирование показателей в финансовой отчетности предприятия, прогнозирование цены на финансовый актив, прогнозирование числа заболевших вирусной болезнью, прогнозирование температуры воздуха в регионе или количества выпавших осадков и т.д. Один из подходов к решению таких задач основан на построении математических моделей соответствующих процессов. Например, с помощью математических моделей физических процессов в атмосфере и океане были разработаны гидродинамические методы прогноза погоды [1]. Подобный подход требует корректного описания сложных математических моделей, а иногда и ансамбля моделей. Помимо этого, требуются знания параметров, характеризующих исследуемое явление или процесс. Данные сложностизаметно ограничивают практическое применение описываемого подхода. В прикладных задачах часто возникают ситуации, когда математическое моделирование, основанное на использовании точных законов, оказывается затруднительным, но в распоряжении исследователей оказывается результат наблюдений параметров исследуемого процесса или явления. В этих случаях для решения задач прогнозирования могут быть использованы методы, основанные на анализе наблюдаемых параметров.

При нахождении прогноза некоторого сигнала  $f(t)$  на время  $\tau$  существенное значение может иметь время вычисления прогноза  $f(t+\tau)$ . Если  $\Delta \geq \tau$ , то полученный прогноз не имеет смысла. Очевидно, что при прогнозировании надо стремиться к выполнению условия  $\Delta \ll \tau$ . В этом случае будет запас времени для принятия решений. Например, построение автоматической торговой системы

(торгового робота) для торговли на бирже финансовыми инструментами (акциями, фьючерсами, валютами и т.д.) по прогнозируемому значению цены инструмента требует оценки доходности и риска сделки, размера торговой позиции, оценки времени и уровня вхождения в сделку. Поэтому запас по времени при получении прогноза может дать существенные преимущества, особенно при торговле на малых интервалах времени. Если же в силу каких-либо причин (сложности применяемой модели, большого объёма вычислений и т.д.) время  $\Delta$  вычисления прогноза уменьшить нельзя, то следует либо увеличивать длительность прогноза  $\tau$ , либо уменьшать точность прогноза (например, за счёт упрощения применяемой модели).

В данной работе предлагается метод вычисления прогноза с помощью реализуемого прогнозатора, синтеза которого изложен в [2]. Рассматриваемый метод позволяет рационально организовать вычислительную схему прогнозирования и максимально уменьшить время вычисления прогноза. Предлагаемый в статье метод может быть применён как к непрерывным (аналоговым), так и к дискретным сигналам.

### 1. Постановка задачи

Пусть задан сигнал  $f : C^\infty [0, T] \rightarrow \mathbb{R}$ . Как было показано в [2], для произвольного  $\tau > 0$  при помощи устройства с передаточной функцией

$$\Psi_N(p) = \sum_{n=0}^N d_n \omega^n(p), \quad (1)$$

$$p \in \mathbb{C}$$

может быть получена оценка прогноза  $f(t + \tau)$  по известному сигналу  $f(t)$ ,  $t \in [0, T]$ . В формуле (1)

$$\omega(p) = \frac{p}{\mu p + 1}, \quad (2)$$

$$\mu > 0$$

коэффициенты  $d_n$  представляют собой коэффициенты ряда Бурмана – Лагранжа [2] и определяются по следующим формулам [2]:

$$d_0 = 1, \quad (3)$$

$$d_n = \frac{1}{n!} \lim_{p \rightarrow 0} \frac{d^{n-1}}{dp^{n-1}} \left[ \frac{(e^{\tau p})' p^n}{\omega^n(p)} \right], \quad n \geq 1.$$

Обозначим через  $F(p)$  изображения по Лапласу сигнала  $f(t)$ . Тогда изображение  $\Psi_N(p)F(p)$  будет представлять собой изображение оценки прогноза  $f(t + \tau)$ . Положим

$$G_N(\mu, \tau, p) = \Psi_N(p)F(p) \doteq g_N(\mu, \tau, t) \quad (4)$$

и рассмотрим задачу нахождения оригинала  $g_N(\mu, \tau, t)$  по изображению  $G_N(\mu, \tau, p)$ . Здесь  $g_N(\mu, \tau, p)$  – оценка прогноза  $f(t + \tau)$ , полученная с помощью прогнозатора (1) при заданных параметрах  $N, \tau, \mu$ .

## 2. Методы исследования

Нетрудно заметить, что  $g_N(\mu, \tau, t)$  в силу формулы (4) и свойства умножения изображений [3] представляет собой свёртку импульсивной функции  $\Psi_N(t)$  прогнозатора и входного сигнала  $f(t)$ , т.е.

$$g_N(\mu, \tau, t) = (\Psi_N * f)(t) = \int_0^t f(t-z) \Psi_N(z) dz, \quad (5)$$

$$f(t) \doteq F(p), \quad \Psi_N(t) \doteq \Psi_N^0(p)$$

Поэтому задачу вычисления оценки прогноза  $g_N(\mu, \tau, t)$  можно свести к задаче определения импульсной функции  $\Psi_N(t)$  и последующей задаче вычисления свёртки (5).

Итак, определим импульсную функцию  $\Psi_N(t)$ . С этой целью найдём расчётную формулу для коэффициентов  $d_n$  ( $n \geq 1$ ). Из формулы (3), учитывая формулу (2), после элементарных преобразований нетрудно получить

$$d_n = \frac{\tau}{n!} \lim_{p \rightarrow 0} \frac{d^{n-1}}{dp^{n-1}} \left[ e^{\tau p} (\mu p + 1)^n \right], \quad n \geq 1.$$

Отсюда, применяя формулу Лейбница дифференцирования произведения двух функций, находим

$$\begin{aligned}
 d_n &= \frac{\tau}{n!} \lim_{p \rightarrow 0} \sum_{K=0}^{n-1} C_{n-1}^K (e^{\tau p})^{(n-1-K)} \left( (\mu p + 1)^n \right)^{(K)} = \\
 &= \frac{\tau}{n!} \lim_{p \rightarrow 0} \sum_{K=0}^{n-1} C_{n-1}^K \tau^{n-1-K} e^{\tau p} A_n^K \mu^K (\mu p + 1)^{n-K}.
 \end{aligned} \tag{6}$$

Здесь  $C_{n-1}^K$  и  $A_n^K$  – число сочетаний и размещений соответственно,

$$C_{n-1}^K = \frac{(n-1)!}{K!(n-1-K)!}, \quad A_n^K = \frac{n!}{(n-K)!}.$$

Переходя в (6) к пределу при  $p \rightarrow 0$  после очевидных преобразований окончательно получаем следующую формулу для коэффициентов  $d_n$ :

$$\begin{aligned}
 d_n &= \frac{\tau^n}{n!} \sum_{K=0}^{n-1} C_{n-1}^K A_n^K \left( \frac{\mu}{\tau} \right)^K, \\
 n &\geq 1; \quad d_0 = 1
 \end{aligned} \tag{7}$$

Далее, для определения импульсной функции  $\Psi_N(t)$  найдём оригинал изображения  $\omega^n(p)$ ,  $n \geq 1$ . В силу (2) имеем

$$\begin{aligned}
 \omega^n(p) &= \frac{p^n}{(\mu p + 1)^n} = \frac{p^n}{\mu^n \left( p + \frac{1}{\mu} \right)^n} = \\
 &= \frac{1}{\mu^n} \frac{\left( p + \frac{1}{\mu} - \frac{1}{\mu} \right)^n}{\left( p + \frac{1}{\mu} \right)^n} = \frac{1}{\mu^n} \left( 1 - \frac{\frac{1}{\mu}}{p + \frac{1}{\mu}} \right)^n.
 \end{aligned}$$

Пусть  $\lambda = \frac{1}{\mu}$ . Тогда последняя формула может быть записана следующим образом:

$$\omega^n(p) = \lambda^n \left( 1 - \frac{\lambda}{p + \lambda} \right)^n \tag{8}$$

Применяя формулу бинома Ньютона, получаем

$$\begin{aligned} \left(1 - \frac{\lambda}{p+\lambda}\right)^n &= \sum_{K=0}^n C_n^K 1^{n-K} \left(-\frac{\lambda}{p+\lambda}\right)^K = \\ &= \sum_{K=0}^n C_n^K (-\lambda)^K \frac{1}{(p+\lambda)^K}. \end{aligned}$$

Распишем последнюю сумму следующим образом:

$$\begin{aligned} &\sum_{K=0}^n C_n^K (-\lambda)^K \frac{1}{(p+\lambda)^K} = \\ &= C_n^0 (-\lambda)^0 \frac{1}{(p+\lambda)^0} + \\ &+ \sum_{K=1}^n C_n^K (-\lambda)^K \frac{1}{(p+\lambda)^K} = \\ &= 1 + \sum_{K=1}^n C_n^K (-\lambda)^K \frac{1}{(p+\lambda)^K}. \end{aligned} \tag{9}$$

Согласно известной формуле [4]

$$t^K \doteq \frac{K!}{p^{K+1}}, \quad K \in N,$$

и свойству смещения [4] имеем

$$e^{-\lambda t} t^K \doteq \frac{K!}{(p+\lambda)^{K+1}}, \quad K \in N.$$

Отсюда, учитывая формулу (9) и свойство линейности изображения по Лапласу, нетрудно получить следующее операторное равенство:

$$\begin{aligned} \left(1 - \frac{\lambda}{p+\lambda}\right)^n &\doteq \delta(t) + \sum_{K=1}^n C_n^K (-\lambda)^K \frac{e^{-\lambda t} t^{K-1}}{(K-1)!} = \\ &= \delta(t) - \lambda e^{-\lambda t} \sum_{K=1}^n C_n^K \frac{(-\lambda t)^{K-1}}{(K-1)!} \end{aligned} \tag{10}$$

Здесь было использовано известное операторное равенство [4]

$$\delta(t) \doteq 1.$$

Учитывая, что  $\lambda = \frac{1}{\mu}$ , из формул (8) и (10) получаем



$$\omega^n(p) \doteq \frac{1}{\mu^n} \left[ \delta(t) - \frac{e^{-t/\mu}}{\mu} \sum_{k=1}^n \frac{C_n^k}{(K-1)!} \left( -\frac{t}{\mu} \right)^{K-1} \right] \quad (11)$$

Так как из (1) и (3) сразу следует

$$\Psi_N(p) = 1 + \sum_{n=1}^N d_n \omega^n(p),$$

то в силу (1) и (11) импульсная функция  $\Psi_N(t)$  прогнозатора (1) определяется следующей формулой:

$$\begin{aligned} \Psi_N(t) &= \delta(t) + \sum_{n=1}^N \frac{d_n}{\mu^n} \left[ \delta(t) - \frac{e^{-t/\mu}}{\mu} \sum_{k=1}^n \frac{C_n^k}{(K-1)!} \left( -\frac{t}{\mu} \right)^{K-1} \right] = \\ &= \delta(t) \left[ 1 + \sum_{n=1}^N \frac{d_n}{\mu^n} \right] - \frac{e^{-t/\mu}}{\mu} \sum_{n=1}^N \frac{d_n}{\mu^n} \sum_{k=1}^n \frac{(-1)^{K-1} C_n^k}{(K-1)!} \left( \frac{t}{\mu} \right)^{K-1}. \end{aligned} \quad (12)$$

Положим

$$a_n = \frac{d_n}{\mu^n}, \quad n = \overline{1, N}; \quad b_K = \frac{(-1)^{K-1} C_n^K}{(K-1)!}, \quad K = \overline{1, N}.$$

Тогда формула (12) принимает окончательный вид

$$\Psi_N(t) = \delta(t) \left[ 1 + \sum_{n=1}^N a_n \right] - \frac{e^{-t/\mu}}{\mu} \sum_{n=1}^N a_n \sum_{K=1}^n b_K \left( \frac{t}{\mu} \right)^{K-1} \quad (13)$$

Подставляя (13) в (5), получаем

$$\begin{aligned} g_N(\mu, \tau, t) &= \left[ 1 + \sum_{n=1}^N a_n \right] \int_0^t f(t-z) \delta(z) dz - \\ &- \frac{1}{\mu} \sum_{n=1}^N a_n \sum_{K=1}^n b_K \int_0^t \left( \frac{z}{\mu} \right)^{K-1} e^{-z/\mu} f(t-z) dz. \end{aligned} \quad (14)$$

Принимая во внимание фильтрующее свойство  $\delta$ -функции [5]

$$\int_0^t f(t-z) \delta(z) dz = f(t),$$

из (14) находим выражение для оценки прогноза

$$g_N(\mu, \tau, t) = \left[ 1 + \sum_{n=1}^N a_n \right] f(t) - \\ - \frac{1}{\mu} \sum_{n=1}^N a_n \sum_{K=1}^n b_K \int_0^t \left( \frac{z}{\mu} \right)^{K-1} e^{-z/\mu} f(t-z) dz.$$

Для вычисления интеграла в последней формуле введём новую переменную  $S = \frac{z}{\mu}$ . Тогда  $z = \mu S$ ,  $dz = \mu dS$  и интеграл принимает вид

$$\int_0^t \left( \frac{z}{\mu} \right)^{K-1} e^{-z/\mu} f(t-z) dz = \\ = \mu \int_0^{t/\mu} S^{K-1} e^{-S} f(t - \mu S) dS = \mu I_K(\mu, t). \quad (15)$$

Таким образом, оценка прогноза  $g_N(\mu, \tau, t)$  имеет следующий вид:

$$g_N(\mu, \tau, t) = \left[ 1 + \sum_{n=1}^N a_n \right] f(t) - \\ - \sum_{n=1}^N a_n \sum_{K=1}^n b_K I_K(\mu, t). \quad (16)$$

Так как при каждом  $n$  требуется вычислять интегралы  $I_K(\mu, t)$ ,  $K = \overline{1, n}$ , то для уменьшения вычислительных операций следует предварительно вычислить интегралы  $I_K(\mu, t)$ ,  $K = \overline{1, N}$ , а затем подставлять найденные значения в (16). Нетрудно проверить, что при таком подходе потребуются вычисление  $N$  интегралов вместо вычисления  $\frac{N(N+1)}{2}$  интегралов при непосредственной реализацией формулы (16).

Следует особо отметить, что в случае дискретного входного сигнала  $f(t)$  расчётная формула (16) сохраняет вид. Однако вместо интегралов (15) требуется рассматривать квадратурные формулы (суммы).

### Заключение

В статье рассматривается метод вычисления оценки прогноза сигнала с помощью автоматического реализуемого прогнозатора. Получена явная расчётная формула для вычисления оценки прогноза

заданного входного сигнала. Формула сводится к вычислению на каждом шаге взвешенных интегралов входного сигнала. В данной работе предложен способ уменьшения количества операций интегрирования на каждом шаге в  $\frac{N+1}{2}$  раз, где  $N$  – порядок передаточной функции прогнозатора. Это позволяет уменьшить время вычисления прогноза при сохранении точности. Предложенный метод может быть применён как для непрерывных (аналоговых), так и для дискретных сигналов.

### Список литературы

1. Марчук, Г.И. Численные методы в прогнозе погоды / Г. И. Марчук. – Л.: Гидрометеиздат, 1967. – 355 с.
2. Дылевский, А. В. Автоматическое прогнозирование детерминированных сигналов / А. В. Дылевский, Д. А. Хрипушин // Научный результат. Информационные технологии. – 2021. – Т. 6. – № 4. – С. 20–26. doi: 10.46916/22112021-2-978-5-00174-377-4
3. Лаврентьев, М. А. Методы теории функций комплексного переменного / М. А. Лаврентьев, Б. В. Шабат. – М.: Наука, 1987. – 688 с.
4. Эйдерман, В. Я. Основы теории функций комплексного переменного и операционного исчисления / В. Я. Эйдерман. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. – 256 с.
5. Гельфанд, И. М. Обобщённые функции и действия над ними / И. М. Гельфанд, Г. Е. Шилов. – М.: ГИФМЛ, 1958. – 470 с.

## Операционная система реального времени QPRT

В. Ю. Егоров email: vec@cryptosoft.ru

НТП «Криптософт», Пенза, Россия

**Аннотация.** *Излагаются принципы построения защищенной операционной системы реального времени QPRT.*

**Ключевые слова:** *операционная система, реальное время, QP ОС, QPRT.*

### Введение

Научно-техническое предприятие «Криптософт» является предприятием-разработчиком средств и систем защиты информации (аппаратно-программных, программно-аппаратных, программных), а также ведет работы по перспективным направлениям разработки, в том числе – квантовые коммуникации, разработка операционных систем. Остановимся более подробно на направлении разработки операционных систем. НТП «Криптософт» в инициативном порядке разработана защищенная операционная система QP ОС, являющаяся отечественной разработкой, выполненной полностью «с нуля» специалистами предприятия [1,2].

Защищенная операционная система QP ОС не является очередным клоном Unix-систем, основанных на свободно-распространяемых репозиториях, основа защищенной операционной системы QP ОС – оригинальное ядро собственной разработки. Защищенная операционная система QP ОС включена в Реестр отечественного программного обеспечения, а также имеет сертификат соответствия ФСБ России и может быть использована как базовая программная платформа для построения на ее основе автоматизированных систем в защищенном исполнении. Она применяется в АСЗИ силовых ведомств и органов государственной власти.

Полученный при разработке защищенной операционной системы QP ОС научно-технический задел позволил специалистам предприятия создать операционную систему QPRT, как базовую платформу систем со встроенным программным обеспечением, для применения в изделиях предприятия [3]. ОС QPRT разработана как операционная система реального времени, в отличие от защищенной операционной системы QP ОС, которая является операционной системой общего назначения.

Основное отличие операционной системы реального времени от операционной системы общего назначения, в том, что, для правильного выполнения программ необходим не только правильно составленный алгоритм и правильно запрограммированный, но и должны быть соблюдены ограничения по времени выполнения тех или иных программных модулей, исполняющихся в среде операционной системы. Так, примерами систем реального времени могут быть VxWorks или операционная ОС РВ, развиваемая НИИ СИ РАН [4].

Необходимость в разработке операционной системы QPRT возникла из потребности предприятия в программной платформе для встраиваемых систем.

### **1. Общие сведения о системе**

При создании операционной системы QPRT были заданы следующие требования:

- малые размеры исполняемого кода системы;
- минимальные требования к аппаратной платформе исполнения ОС (бинарный код ядра системы занимает менее 1 Мб на устройстве хранения),
- поддержка многопроцессорности реального времени исполнения программных модулей,
- возможность совмещения в одной операционной среде исполнения задач разного уровня критичности (приоритета исполнения);
- совместимость с различными аппаратными платформами для встраиваемых систем, в том числе отечественного производства.

При использовании QPRT как базовой программной платформы, в качестве встраиваемых систем могут быть использованы такие системы, как

- системы на чипе (SoC) на основе микроконтроллеров, в том числе, предназначенные для управления производственными процессами и системами,
- устройства Интернета вещей (IoT),
- системы управления интеллектуальными беспилотными устройствами.

Кроме этого, операционная система QPRT может быть использована в качестве учебной платформы для изучения основ построения ОС реального времени при обучении студентов соответствующих специальностей.

При разработке операционной системы QPRT была поставлена задача по обеспечения совместимости с разными аппаратными платформами, в том числе отечественными, используемыми при

создании встраиваемых систем. На сегодняшний день имеется задел для реализации операционной системы QPRT на следующих аппаратных платформах: Intel x86, Intel x64, ARM v7 (A, M), ARM v8, отечественной аппаратной платформой «Комдив-64».

В целях отладки и изучения принципов работы QPRT она также может быть запущена как процесс в ОС Microsoft Windows. В дальнейшем также планируется рассмотрение вопроса применения системы для процессоров семейства RISC-V.

В основу принципа построения операционной системы QPRT положен принцип функционирования в среде ОС единственного процесса – самой системы. Все остальные исполняемые модули являются нитями (потоками) основного процесса. Число нитей ограничено только возможностями аппаратных ресурсов системы. Такой подход значительно уменьшает код операционной системы, повышает её производительность и применимость для микроконтроллеров.

У каждой из нитей внутри процесса системы могут быть один из трех уровней приоритета, как показано в таблице. Это обеспечивает возможность совмещения исполнения в одном процессе нитей с разным уровнем критичности. Соответственно, исполнение нитей наивысшего приоритета не может прервать ни одна из одновременно с ней исполняющихся нитей или аппаратное прерывание. Выполнение нити с низшим приоритетом может быть прервано диспетчером задач по истечению выделенного ей кванта времени или для передачи управления нитям с более высоким приоритетом. Выполнение нити со средним приоритетом может быть прервано аппаратным прерыванием.

Таблица

*Принцип приоритезации в QPRT*

<b>Название системного приоритета</b>	<b>Описание системного приоритета</b>	<b>Вид диспетчеризации</b>
Realtime	Ничто не может прервать исполнение нити.	Добровольная
Higher	Исполнение нити может быть прервано только аппаратным прерыванием.	Добровольная
Normal	Нить может быть прервана диспетчером задач для передачи управления нитям более высокого приоритета или по завершению кванта времени нити.	Принудительная, режим разделения времени

Единственной сущностью, исполняемой при любом приоритете, является диспетчер задач системы. При этом обеспечивается возможность принудительного переключения нитей с низким приоритетом (режим разделения времени) и добровольная (нити сами отдают управление диспетчеру задач) всех остальных нитей с более высокими приоритетами. Каждой нити при ее создании присваивается базовый уровень системного приоритета. Такая приоритизация позволяет создать гибкую систему управления выполнением нитей, отвечающую разным задачам при построении встраиваемых систем на платформе QPRT.

В операционной системе QPRT в целях повышения быстродействия реализовано единое пространство виртуальной памяти для всех исполняемых нитей. Исполняемый код нитей, данные и ресурсы аппаратных устройств располагаются в одном адресном пространстве. Возможность выгрузки областей оперативной памяти на внешние запоминающие устройства (своппинг) отсутствует. Типы используемых областей памяти показаны на рис. 1.

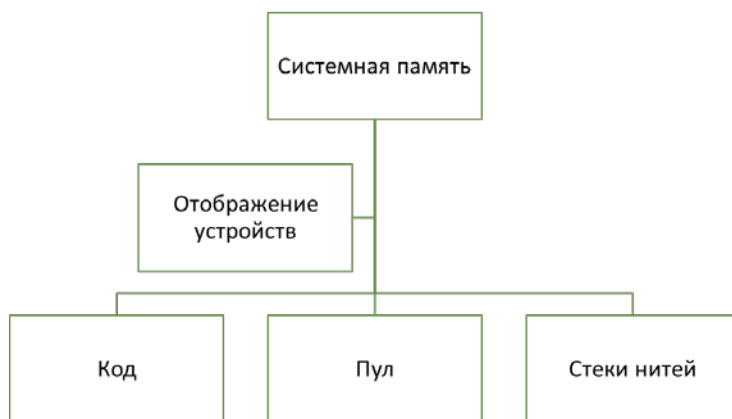


Рис. 1. Типы областей памяти в QPRT

Кроме приоритизации, в операционной системе QPRT для управления исполнением нитей, реализованы различные объекты синхронизации. Объекты синхронизации позволяют реализовать различные стратегии исполнения нитей в системе. Отличительной особенностью системы является присвоение приоритетов типам объектов синхронизации, как показано на рис. 2. Следует отметить, что в системе возможно ожидание объектов синхронизации с более низким

уровнем приоритета, чем текущий приоритет нити, что позволяет резко снизить количество тупиков (deadlocks). И наоборот, нить с низким уровнем приоритета не имеет права ожидать объект синхронизации с высоким уровнем приоритета. При этом любая нить может временно повышать свой приоритет с дальнейшим возвратом к базовому приоритету нити.

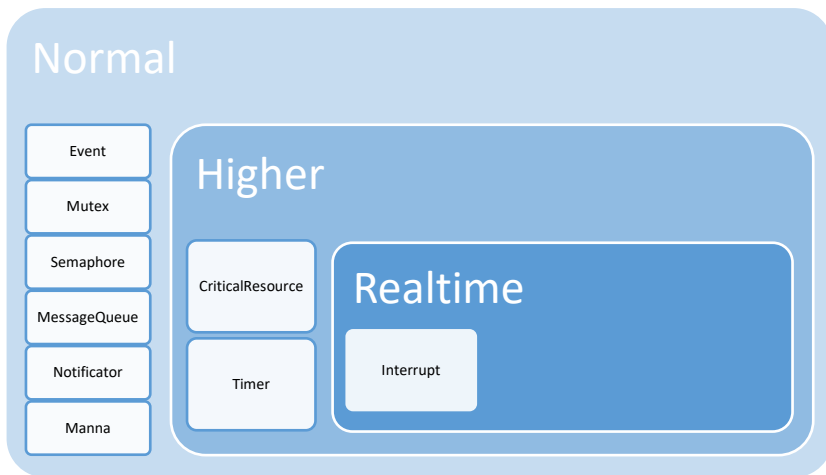


Рис. 2. Объекты синхронизации в QPRT.

Одной из отличительных особенностей операционной системы QPRT является представление любого аппаратного прерывания компьютера в виде объекта синхронизации высокого уровня приоритета. Это позволяет программисту создавать простой программный код для обработки прерываний. В сочетании с большим пулом нитей это позволяет создавать элегантные решения по взаимодействию с аппаратурой, как, например, это показано на листинге для обработчика прерываний таймера.

Листинг

*Пример обработчика прерывания системного таймера.*

```
/**
 * Нить системного времени
 */
DWORD
KrnTimeThread(
    _In_ PVOID pParam)
{
    while(TRUE)
```



```

{
// Ждём прерывание системного таймера
KrnWaitForSynchroObject(
    (PSSynchroObject)g_pSystemTimerInterrupt);
// Обновляем системное время
KrnUpdateCurrentTime();
// Возобновление системного таймера
HalResumeSystemTimerInterrupt(g_pSystemTimerInterrupt);
}
}

```

Наличие в системе поддержки высокоточного аппаратного таймера позволяет реализовать возможность задания ограничений по времени выполнения нитей для нитей с уровнями приоритетов Higher и Realtime с помощью механизмов операционной системы. При этом реакция системы на превышение длительности интервала выполнения нити может быть запрограммирована в исходном коде. Таким образом, реализуется стратегия как жесткого, так и мягкого реального времени, в зависимости от задач, решаемых информационно-управляющей системой. Принцип задания точек во времени иллюстрируется на рис. 3.

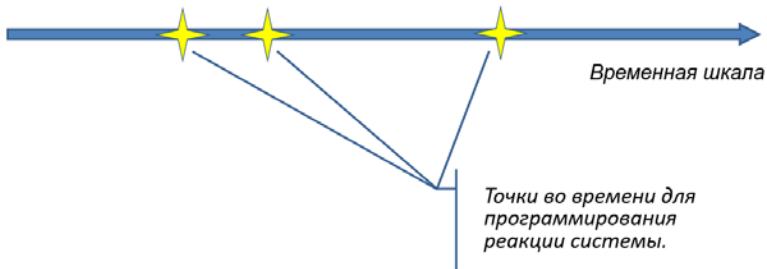


Рис. 3. Возможность задания точек во времени с помощью высокоточного таймера.

Идея применения высокоточного таймера была положена в основу управления процессом диспетчеризации задач в предшествующих публикациях автора, (см., например, [5]).

## 2. Применимость операционной системы QPRT

Необходимо также упомянуть об особенностях разработки программного обеспечения для операционной системы QPRT. Разработка программ для ОС выполняется на языке программирования С. Для разработки программ, исполняемых в среде операционной системы QPRT, подготовлен пакет разработчика, включая набор

библиотек системных функций, интеграцию со средой разработки программ, наличие системного отладчика через последовательный порт, идентичного отладчику в операционной системе QP ОС. Для системы разработан комплект документации. Специалисты предприятия готовы оказать консультационную помощь разработчикам программного обеспечения для операционной системы QPRT.

Следует отметить, что, так как операционная система QPRT разработана специалистами предприятия «с нуля», то возможны как доработки самой системы под нужды Заказчика, так и разработка новых программных модулей и законченных встраиваемых систем управления в соответствии с требованиями тактико-технического задания.

### **Заключение**

Операционная система QPRT может быть применена как по прямому назначению для создания информационно-вычислительных систем, так и для обучения студентов высших учебных заведений основам системного программирования. Для этих целей имеется реализация прототипа системы как обычной прикладной программы в среде MS Windows. Программирование системы QPRT можно осуществлять в среде MS Visual Studio.

### **Список литературы**

1. Операционная система QP ОС [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cryptosoft.ru/qpos>
2. QP ОС: защищенная российская операционная система [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://securitymedia.org/articles/interview/qp-os-zashchishchennaya-rossiyskaya-operatsionnaya-sistema.html>
3. Егоров, В.Ю. Архитектура операционных систем: курс лекций / В. Ю. Егоров. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2019. – 142 с.
4. Гриценко, Ю. Б. Системы реального времени: учебное пособие / Ю. Б. Гриценко. – Томск : ТУСУР, 2017. – 253 С.
5. Егоров, В.Ю. Регионы времени как объекты операционной системы общего назначения / В.Ю. Егоров, Е.А. Матвеев // Информатика и ее применения. – Москва, 2008. – Т. 2. – № 4. – С. 74-84.

# Кроссплатформенный компилятор языка Cloud Sisal

А. А. Малышев, email: alex.m.work@yandex.ru

Институт систем информатики имени А.П. Ершова СО РАН

**Аннотация.** *Облачная система параллельного программирования CPPS, разрабатываемая в Институте систем информатики СО РАН (ИСИ СО РАН), использует функциональный язык Cloud Sisal для разработки, отладки, верификации и исполнения параллельных программ через веб-браузер. В докладе рассмотрен создаваемый кроссплатформенный компилятор языка Cloud Sisal. Рассмотрены задачи синтаксического разбора, построения промежуточного представления IR программы в виде графа потока данных, и кодогенерации (построения исходного кода на C++ по промежуточному представлению). Рассмотрены способы задания входных данных для программы и вывода результатов вычислений, а также тестирование компилятора.*

**Ключевые слова:** *компилятор, транслятор, парсер, язык программирования, C++, Python, Sisal, Cloud Sisal, LLVM, CPPS, parsimonious, грамматика, промежуточное представление программ.*

## Введение

В докладе рассмотрен разрабатываемый кроссплатформенный компилятор языка Cloud Sisal [1-3] на Python, который транслирует Cloud Sisal-программы в программы на C++. Входным языком системы является язык Cloud Sisal, представляющий собой диалект языка Sisal 3.2 ("Streams and Iteration in a Single Assignment Language") [4-5]. Архитектура компилятора позволяет дописывать кодогенераторы для других языков: в частности, сделан экспериментальный кодогенератор в LLVM, поддерживающий небольшое подмножество языка Cloud Sisal (не включен в проект). Компилятор планируется использовать в системе CPPS [2].

Несмотря на то, что Python имеет репутацию "медленного" интерпретатора, в данном случае трансляция происходит за незначительное, по сравнению с компиляцией получаемого C++ - кода, время (десятки миллисекунд).

Компилятор разделён на две части: парсер и кодогенератор. Части взаимодействуют посредством передачи текстового представления объектов в стандартном виде (JSON), что позволило изолировать

решение двух задач друг от друга, а также легко использовать компоненты по отдельности и с другими реализациями Cloud Sisal.

На данный момент в компиляторе поддерживаются циклы с редукциями, некоторые виды циклов автоматически распараллеливаются с использованием стандарта OpenMP в C++-бэкэнде кодогенератора.

## **1. Модель внутреннего представления IR**

Система CPPS использует единое внутреннее теоретико-графовое представление IR (Intermediate Representation) [3] Cloud Sisal программ, которое ориентировано на их семантическую и визуальную обработку и основано на атрибутированных иерархических графах [6]. В рамках этого представления подразумевается сборка программы из модулей перед ее интерпретацией или оптимизирующей трансляцией. При разработке внутреннего представления учитывались следующие существенные требования:

1. Машинная независимость как для представления параллелизма (нет явного разбиения вычислений на несколько потоков), так и для значений (независимость от разрядности машинной архитектуры) типов данных.

2. Полнота внутреннего представления, позволяющая транслировать любую конструкцию исходного языка в семантически эквивалентный фрагмент внутреннего представления.

3. Возможность ретрансляции в синтаксически корректную программу после преобразований внутреннего представления программы, сохраняющих ее семантику.

4. Простота интерпретации (исполнения заданных внутренним представлением вычислений) без каких-либо дополнительных преобразований внутреннего представления.

5. Структурированность объектов внутреннего представления для задания естественной вложенности одних конструкций исходного языка программирования в другие.

6. Все неявные действия над данными, например, преобразования типов, должны быть выражены явным образом с помощью объектов внутреннего представления.

7. Расширяемость, в смысле лёгкого введения новых объектов внутреннего представления для задания новых конструкций языков программирования и типов данных.

Внутреннее представление программы на языке Cloud Sisal может быть описано в виде иерархического ориентированного ациклического графа с портами [7-8]. Вершины такого графа соответствуют функциям, описанным на языке Cloud Sisal. Дуги в таком графе отражают передачу

данных между вершинами. В рассматриваемых графах также выделяется понятие порта. Порт служит для описания точки входа в вершину или точки выхода из вершины. Выходные порты соответствуют результатам функций, а входные - аргументам функций. Для вершин, соответствующих константам, множество входных портов пусто. Множество выходных портов содержит один или более элементов, т. к. функции языка Cloud Sisal поддерживают множественные результаты. Множества портов вершин конечны и упорядочены. Например, для следующей функции, вычисляющей числа Фибоначчи (листинг 1) IR будет иметь вид, представленный на рисунке.

Листинг 1

*Функция вычисления числа Фибоначчи*

```
function Fib(m: integer returns integer)
  if (m < 2) then
    m
  else
    fib(m-1) + fib(m-2)
  end if
end function
```

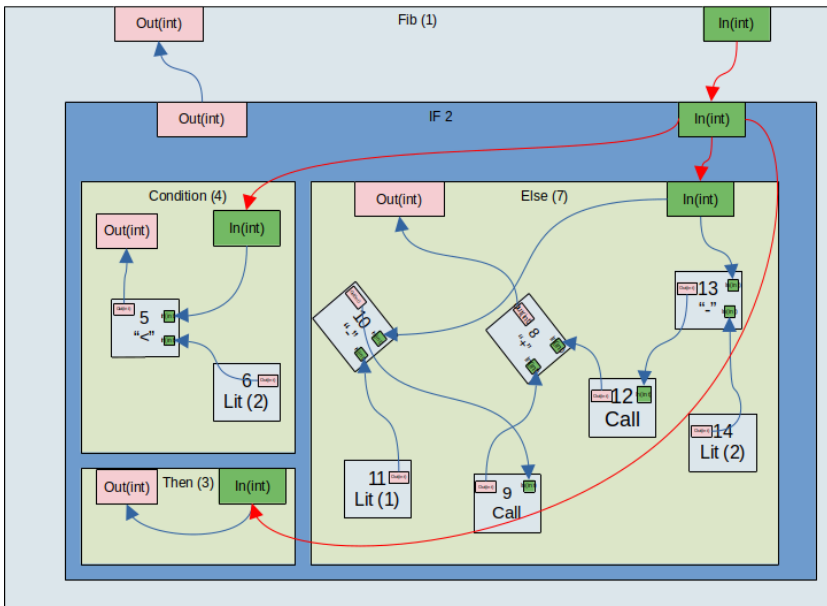


Рисунок. IR программы вычисления чисел Фибоначчи

Таким образом, IR представляет собой "конвейер", обрабатывающий входные данные.

## 2. Парсер

Задача парсера – построить промежуточное представление IR (Intermediate Representation, граф потока данных) по исходному коду программы, которое потом будет передано кодогенератору для построения кода на C++, либо визуализатору графа, либо интерпретатору.

Парсер принимает на вход программу на Cloud Sisal (доступны передача по stdin, что удобно при использовании парсера в составе CPPS и для автоматизированного применения, и чтением файла) и преобразует её в промежуточное представление. Промежуточное представление можно экспортировать в виде JSON. Парсер использует библиотеку parsimonious (PEG-парсер) [9], которая не отделяет лексический анализ от синтаксического и позволяет упростить процесс разбора исходного кода за счёт удобных способов задания правил и описания обработки каждой конструкции.

Синтаксис языка задан в виде грамматики (фрагмент приведён на листинге 2).

Листинг 2

### *Фрагмент грамматики языка Cloud Sisal*

```
module = (_ def _)* ~"$"
def = function / function_import / type_definition
type_definition = "type" _ identifier _ "=" _ type
# function:
function      = pragmas _ "function" _ identifier _
                lpar _
                function_arguments _
                function_retvals _
                rpar
                _ multi_exp _
                "end" _ "function"
pragmas       = (_ pragma _)*
pragma        = "/?" _ ~"[a-z_][a-z0-9_()]*"i _ ~"\n" _
empty         = ~"\s*"
function_import = _ "function" _ identifier _ "[" _
                type_list _ function_retvals _ "]" _
function_arguments = args_groups_list / _
function_retvals  = ("returns" _ type_list) / _
type_list        = type (_ ", " _ type)*
args_groups_list  = arg_def_group (_ ";" _ arg_def_group)*
```

Итоговый JSON-вывод парсера имеет структуру, приведённую в листинге 3.

*Общая структура IR JSON, выводимого парсером*

```

{
  IR: *промежуточное представление программы*,
  errors: [*список ошибок, если они есть, то поле «IR»
          будет пустым*],
  warnings: [*список предупреждений*]
}

```

Для задач визуализации доступен экспорт в GraphML [10].

### 3. Кодогенератор

Кодогенератор принимает на вход в текстовом JSON-представлении IR программы и генерирует по нему C++-код программы. Получаемый код компилируется при помощи GCC. Было принято решение сосредоточиться на C++ так как предполагаемый супервычислитель поддерживает этот язык, а также из за относительной простоты описания распараллеливания программ при помощи стандарта OpenMP.

Функция main Cloud Sisal программы переименовывается в функцию `sisal_main`, а функция `main` C++-программы загружает входные данные и вызывает `sisal_main`, используя входные данные в качестве аргументов. Имена остальных функций в C++-программе соответствуют именам в исходной программе на Cloud Sisal.

Сгенерированные программы оптимизируются компилятором `gsc` при компиляции.

Приложены усилия для улучшения читаемости получаемого C++-кода, что облегчило его анализ: совпадают имена переменных там, где это возможно, переменные сгруппированы по типу, комментариями обозначены границы разных частей тела функции и пр. Например, в листинге 4 показано, как будет выглядеть часть программы, в которую транслируется описанная ранее программа вычисления чисел Фибоначчи (не приведён служебный код).

*Пример исходного кода на C++, полученного на выходе кодогенератора*

```

int Fib(int M)
{
  int function_result;
  bool if_test, bin;
  bin = M < 2;
  if_test = bin;
  if(if_test)
  {
    function_result = M;
  }
}

```

```

    }
    else
    {
        int call, bin2, call2, bin3, bin4;
        bin2 = M - 1;
        call = Fib(bin2);
        bin3 = M - 2;
        call2 = Fib(bin3);
        bin4 = call + call2;
        function_result = bin4;
    }
    return function_result;
}

int sisal_main(int M)
{
    int call;
    call = Fib(M);
    return call;
}

int main(int argc, char **argv)
{
    Json::Value root;
    std::cin >> root;
    Json::Value json_result;
    CHECK_INPUT_ARGUMENT("M");
    int M = root["M"].asInt();
    int main_result = sisal_main(M);
    json_result["port0"] = main_result;
    std::cout << json_result << "\n";
    std::cout << std::endl;
    return 0;
}

```

Получаемые исполняемые файлы принимают через `stdin` входные данные программы (аргументы функции `main`) в виде JSON-текста (используется библиотека `JSONC++`), что облегчает работу с компилятором в автоматическом режиме и его использование в составе других систем, например сред разработки. Наличие нужных аргументов главной функции среди входных данных также проверяется программой. Результаты вычислений также выводятся в стандартный вывод в виде JSON.

Рассмотрим программу перемножения матриц, представленную в листинге 5 (в языке есть встроенная функция получения длины массива, данный пример - учебный, как и остальные, приведённые в докладе).



*Программа перемножения матриц на Cloud Sisal*

```

function main(A, B: array[array[integer]]; M,N,K: integer
returns array[array[integer]])
  for i in 1,M
  repeat
    Ci := for j in 1,N
      repeat
        Cij := for k in 1,K repeat
          Sij := A[i][k]*B[k][j]
          returns sum of Sij
        end for
      returns
      array of Cij
    end for
  returns
  array of Ci
end for
end function

```

Если на вход были поданы данные, представленные в листинге 6, то на выходе будут данные, представленные в листинге 7 (также в виде текста, отформатированы вручную для удобного чтения).

*Входные данные для программы перемножения матриц*

```

{
  "A": [[ 5, 74, 76, 42, 47],
        [37, 73, 53, 59, 38],
        [46, 25, 89, 81, 59],
        [ 0,  3,  9, 59, 18],
        [ 0, 84, 73, 85, 41]],
  "B": [[94, 79, 31, 26, 57],
        [ 0, 25, 83, 91, 27],
        [65, 25, 51, 99, 57],
        [ 3, 69, 56, 25, 79],
        [68, 64, 64, 38, 53]],
  "M": 5,
  "N": 5,
  "K": 5
}

```

*Результат вычислений программы перемножения матриц*

```

{
  "port0":
  [[ 8732, 10051, 15533, 17224, 12424],
   [ 9684, 12576, 15645, 15771, 13776],
   [14364, 15849, 16352, 16549, 17896],

```

```

    [ 1986, 5523, 5164, 3323, 6209],
    [ 7788, 12414, 18079, 18554, 15317]]
}

```

Стандартные типы данных Cloud Sisal транслируются во встроенные типы данных C++ и типы, построенные по шаблонам библиотеки STL C++, что делает код более понятным и лаконичным. Например, тип `integer` транслируется в `int` C++, а `array[integer]` (или, также допустимый, "array of integer") - в `vector<integer>`.

Разработана система автоматического тестирования компилятора с набором тестовых Cloud Sisal-программ и наборами входных данных и ожидаемых правильных результатов вычислений. Можно задать несколько наборов входных и ожидаемых выходных данных. Пример представлен в листинге 8 (тестовая программа) и в листинге 9 (входные данные и ожидаемые результаты). В данном примере программа из "Sisal For Science" [11] имеет два значения на выходе.

Листинг 8

*Пример тестовой программы*

```

function main(x, y: array[integer] returns array[integer],
array[integer])
  for i in 1, size(x)
    repeat
      minimum, maximum := if x[i] < y[i] then
                            x[i], y[i]
                          else
                            y[i], x[i]
                        end if
      returns array of maximum, array of minimum
    end for
end function

```

Листинг 9

*Пример входных данных и ожидаемых результатов*

```

[
  {
    "input": {
      "x": [1, 3, 2],
      "y": [3, 2, 1]
    },
    "output": {
      "port0": [3, 3, 2],
      "port1": [1, 2, 1]
    }
  }
]

```

## Заключение

В докладе представлено ознакомительное описание кроссплатформенного компилятора языка Cloud Sisal в текущем состоянии, в котором компилятор уже поддерживает определённое подмножество языка Cloud Sisal, что позволяет решать учебные и исследовательские задачи. На данный момент не все запланированные конструкции языка поддерживаются компилятором: предстоит реализовать пользовательские типы и пользовательские редукции, взаимодействие нескольких модулей, исполнение директив компилятора и автоматизацию распараллеливания других структур.

## Список литературы

1. Касьянов, В. Н. Язык программирования Cloud Sisal / В. Н. Касьянов, Е. В. Касьянова. – Новосибирск, 2018. – 45 с. – (Препринт/ РАН, Сиб. отд-ние, ИСИ; N181).
2. Система облачного параллельного программирования CPPS: визуализация и верификация Cloud Sisal программ / Касьянов, В. Н. [и др.]; отв. ред. В. Н. Касьянов. – Новосибирск: ИПЦ НГУ, 2020. – 256 с.
3. Касьянов, В. Н. Методы и система облачного параллельного программирования / В. Н. Касьянов, Е. В. Касьянова // Информатика: проблемы, методология, технология: Сборник материалов XIX международной научно-методической конференции. Под ред. Д. Н. Борисова – Воронеж: Вэлборн, 2019. – С. 1552-1556.
4. Касьянов, В. Н. Язык программирования SISAL 3.2 / В. Н. Касьянов, А. П. Стасенко // Методы и инструменты конструирования программ. – Новосибирск: ИСИ СО РАН, 2007. – С. 56-134.
5. Касьянов, В. Н. Функциональный язык Sisal 3.0 / В. Н. Касьянов, Ю. В. Бирюкова, В. А. Евстигнеев // Поддержка супервычислений и интернет-ориентированные технологии. – Новосибирск, 2001. – С. 54-67.
6. Касьянов, В. Н. Иерархические графы и графовые модели: вопросы визуальной обработки / В. Н. Касьянов // Проблемы систем информатики и программирования. – Новосибирск: ИСИ СО РАН, 1999. – С. 7-32.
7. Гордеев, Д. С. Визуализация внутреннего представления программ на языке Cloud Sisal // Научная визуализация. – 2016. – Т. 8. – №2. – С. 98-106.
8. Касьянов, В. Н. Методы и алгоритмы визуализации графовых представлений функциональных программ / В. Н. Касьянов, Т. А. Золотухин, Д. С. Гордеев // Программирование. – 2019. – № 4. – С. 19-27.
9. Парсер parsimonious [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://github.com/erikrose/parsimonious>
10. Описание языка GraphML [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://graphml.graphdrawing.org>
11. Raymond, D. J. Sisal for Science [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://kestrel.nmt.edu/~raymond/software/sisal/science/science>

## Разработка через сценарии

Е. А. Рубцов, email: rea@inistek.ru

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), кафедра 319

**Аннотация.** Работа посвящена описанию предлагаемого автором метода разработки программного обеспечения через сценарии, сочетающего в себе элементы таких методов разработки, как объектное моделирование через варианты использования с применением UML, трехэтапное проектирование (концептуальное, логическое, физическое), итеративная модель разработки, предметно-ориентированное проектирование, псевдокод.

**Ключевые слова:** методы разработки программного обеспечения, варианты использования, сценарии использования, модель процесса разработки.

### Введение

В настоящее время существует множество подходов к разработке программного обеспечения. Некоторые из них касаются организации процесса разработки в целом, некоторые больше сфокусированы на одном или нескольких этапах разработки. Одна из ключевых задач таких подходов – организация качественного перехода от концепции программного обеспечения к его физической реализации.

Данная работа посвящена описанию предлагаемого автором метода разработки программного обеспечения, в основе которого лежит идея последовательного написания сценариев на всех этапах трехэтапной модели проектирования [1].

На этапе концептуального проектирования варианты и сценарии использования помогают выявить потребности целевой аудитории, ответить на вопрос «что программа должна позволять делать пользователям» и «как программа должна позволять это делать с точки зрения пользователей». Описание применения сценариев использования на этапе анализа требований можно найти в [2].

На этапе логического проектирования после разбиения программы на логические части предлагается при помощи сценариев описать порядок взаимодействия этих частей друг с другом.

На этапе физического проектирования предлагается использовать сценарии для описания последовательности вызовов функций, относящихся к верхним уровням абстракции.

К плюсам предлагаемого подхода можно отнести получение на выходе отслеживаемых цепочек переходов от вариантов использования программы через сценарии трех уровней к конкретным фрагментам кода с возможностью обратного перехода от фрагментов кода к вариантам использования. Так же к плюсам можно отнести упрощение процессов написания кода и проверки качества программного обеспечения.

К минусам можно отнести затраты времени на написание сценариев и необходимость наличия у разработчиков навыков написания и чтения таких сценариев.

За последние полгода предлагаемый метод был использован для создания нескольких веб-приложений.

Метод разработки через сценарии может выступить дополнением к методу разработки через тестирование, к минусам которого можно отнести отсутствие предварительно проработанной проектной документации.

## 1. Модель процесса разработки

Предлагаемая в данной работе модель процесса разработки программного обеспечения состоит из нескольких этапов.

1. Выявление проблемы, которую должно решить программное обеспечение.

2. Выявление целевой аудитории, для которой разрабатывается программное обеспечение.

3. Выявление вариантов использования разрабатываемого программного обеспечения.

4. Разработка **сценариев использования** для выявленных вариантов использования программного обеспечения.

5. Разработка **сценариев взаимодействия** для выявленных вариантов использования программного обеспечения на основании сценариев использования.

6. Разработка **сценариев выполнения** для выявленных вариантов использования программного обеспечения на основании сценариев взаимодействия.

7. Реализация сценариев выполнения.

8. Валидация программного обеспечения.

9. Верификация программного обеспечения.

10. Дальнейшее развитие программного обеспечения путем повторения шагов с 3-го по 9-й.

Первый шаг, который рекомендуется сделать в самом начале процесса разработки – сформулировать проблему, которую программное обеспечение должно решать. Определение проблемы – это описание сути проблемы с пользовательской точки зрения без каких-либо намеков на возможные пути ее решения [3]. На последующих этапах важно удерживать внимание на решаемой проблеме.

## **2. Варианты использования**

Для описания представителей целевой аудитории и вариантов использования ими программного обеспечения предлагается использовать диаграммы вариантов использования, входящих в состав набора диаграмм унифицированного языка моделирования [4]. При помощи диаграмм вариантов использования можно наглядно отобразить информацию, перечисленную ниже.

1. Представители целевой аудитории (акторы, действующие лица).
2. Основные варианты использования.
3. Связи представителей целевой аудитории с основными вариантами использования.
4. Включаемые варианты использования.
5. Расширяющие варианты использования.
6. Отношения обобщения между представителями целевой аудитории.
7. Отношения обобщения между вариантами использования.

В первую очередь необходимо выявить варианты использования, которые можно включить в минимально жизнеспособный продукт. В сфере разработки программного обеспечения есть правило: восемьдесят процентов успеха и ценности любой программы заложены в двадцати процентах ее функциональных возможностей [5]. Как следствие, в минимально жизнеспособный продукт рекомендуется включать варианты использования из тех двадцати процентов, реализация которых обеспечит восемьдесят процентов возможностей.

## **3. Сценарии**

В рамках процесса проектирования предлагается использовать три вида сценариев.

1. Сценарии использования – описание программного обеспечения с точки зрения пользователей. Сценарии пишутся в виде диалогов пользователей с программой и отвечают на вопрос «как пользователи используют программу?».

2. Сценарии взаимодействия – описание программного обеспечения с точки зрения проектировщика. Сценарии пишутся в виде общения различных компонентов программы друг с другом и отвечают

на вопрос «как разные части программы взаимодействуют друг с другом?».

3. Сценарии выполнения – описание программного обеспечения с точки зрения программиста. Сценарии пишутся в виде последовательности вызовов процедур/функций/методов и отвечают на вопрос «как будет работать программа?».

Каждый из трех видов сценариев соответствует одному из трех этапов проектирования [1]: концептуальное, логическое, физическое. Сценарии использования позволяют определить концепцию взаимодействия пользователей с программой. Сценарии взаимодействия позволяют определить логику взаимодействия различных частей программы друг с другом. Сценарии выполнения позволяют описать структуру программы на физическом уровне. На концептуальном уровне сценарии рекомендуется создавать без учета технологий и языков программирования. На логическом уровне сценарии рекомендуется создавать с учетом выбранных технологий, но без учета языков программирования. На физическом уровне сценарии рекомендуется создавать с учетом выбранных языков программирования.

Последовательная разработка трех видов сценариев помогает проложить «мост» между концепцией программного обеспечения и его физической реализацией, что упрощает процессы реализации, валидации и верификации.

В процессе реализации программисты пишут код, опираясь на сценарии выполнения. Валидация программы выполняется путем проверки возможности решения программой выявленной на первом этапе проблемы [6]. Верификация программы выполняется путем проверки соответствия поведения программы сценариям.

В дальнейшем в рамках предлагаемого метода возможны следующие пути развития программы:

- добавление новых вариантов использования;
- добавление альтернативных сценариев;
- корректировка существующих сценариев.

#### **4. Пример**

В качестве примера рассмотрим этапы процесса разработки через сценарии программы для учета посещаемости занятий студентами.

Этап 1. Выявление проблемы.

Несмотря на то, что в начальной формулировке речь идет о студентах, проблему можно сформулировать, в более общей форме: решение проблемы учета присутствия учащихся на занятиях.

Этап 2. Выявление целевой аудитории.

Целевой аудиторией являются преподаватели, ведущие занятия в группах.

Этап 3. Выявление вариантов использования.

Диаграмма выявленных вариантов использования отображена на рисунке.

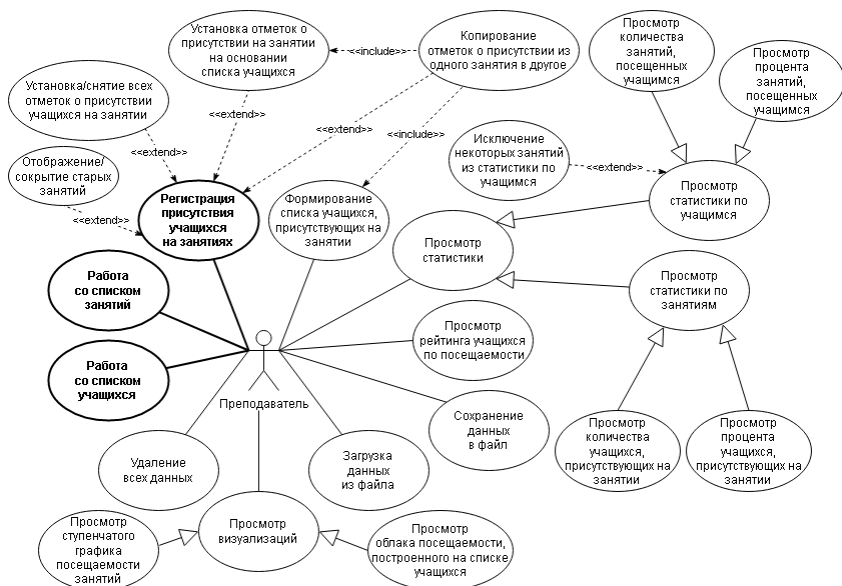


Рисунок. Диаграмма вариантов использования

Выделенные полужирным шрифтом варианты использования вошли в состав минимального жизнеспособного продукта. Далее в примере рассматриваются только эти три варианта использования.

Этап 4. Разработка сценариев использования.

Основной сценарий использования для варианта «Работа со списком учащихся»:

1. Преподаватель переходит в раздел для работы со списком учащихся.
2. Программа отображает раздел для работы со списком учащихся.
3. Преподаватель вводит/корректирует список учащихся.
4. Преподаватель нажимает «Сохранить».
5. Программа сохраняет список учащихся.
6. Программа обновляет данные в разделе для учета посещаемости занятий.



Основной сценарий использования для варианта «Работа со списком занятий»:

1. Преподаватель переходит в раздел для работы со списком занятий.

1. Программа отображает раздел для работы со списком занятий.
2. Преподаватель вводит/корректирует список занятий.
3. Преподаватель нажимает «Сохранить».
4. Программа сохраняет список занятий.
5. Программа обновляет данные в разделе для учета посещаемости занятий.

Основной сценарий использования для варианта «Регистрация присутствия учащихся на занятиях»:

2. Преподаватель переходит в раздел для учета посещаемости.
1. Программа отображает раздел для учета посещаемости.
2. Преподаватель устанавливает/снимает отметки о присутствии учащихся на занятиях.
3. Преподаватель нажимает «Сохранить».
4. Программа сохраняет данные о присутствии учащихся на занятиях.

Этап 5. Разработка сценариев взаимодействия.

В качестве технологий были выбраны web-технологии, но без использования объектно-ориентированного подхода и без использования клиент-серверной архитектуры. В качестве компонентов программы были выбраны три компонента: Пользователь, Браузер, ХранилищеДанных.

Основной сценарий взаимодействия для варианта «Работа со списком учащихся»:

3. Пользователь работает со списком учащихся.
1. Пользователь просит Браузер сохранить список учащихся.
2. Браузер просит ХранилищеДанных сохранить список учащихся.
3. Браузер запрашивает у ХранилищаДанных список учащихся, список занятий, данные о присутствии учащихся на занятиях.
4. Браузер обновляет данные в разделе для учета посещаемости занятий.

Основной сценарий взаимодействия для варианта «Работа со списком занятий»:

4. Пользователь работает со списком занятий.
1. Пользователь просит Браузер сохранить список занятий.
2. Браузер просит ХранилищеДанных сохранить список занятий.
3. Браузер запрашивает у ХранилищаДанных список учащихся, список занятий, данные о присутствии учащихся на занятиях.

4. Браузер обновляет данные в разделе для учета посещаемости занятий.

Основной сценарий взаимодействия для варианта «Регистрация присутствия учащихся на занятиях»:

5. Пользователь работает с разделом для учета посещаемости занятий.

1. Пользователь просит Браузер сохранить информацию о присутствии учащихся на занятиях.
2. Браузер просит ХранилищеДанных сохранить информацию о присутствии учащихся на занятиях.

В случае использования объектно-ориентированного подхода в качестве взаимодействующих частей программы можно было использовать объекты конкретных классов.

Этап 6. Разработка сценариев выполнения.

Для разработки программы был выбран язык программирования JavaScript. Так как разработку программы предполагалось вести без использования клиент-серверной архитектуры, в сценариях выполнения отсутствуют какие-либо скрипты, выполняющиеся на сервере.

Основной сценарий выполнения для варианта «Работа со списком учащихся» отображен в листинге 1.

Листинг 1

#### *Работа со списком учащихся*

```
button.saveStudentList.onclick
    saveStudentList()
    showAttendanceRecords()
```

Основной сценарий выполнения для варианта «Работа со списком занятий» отображен в листинге 2.

Листинг 2

#### *Работа со списком занятий*

```
button.saveLessonList.onclick
    saveLessonList()
    showAttendanceRecords()
```

Основной сценарий выполнения для варианта «Регистрация присутствия учащихся на занятиях» отображен в листинге 3.

Листинг 3

#### *Регистрация присутствия учащихся на занятиях*

```
button.saveAttendanceRecords.onclick
    saveAttendanceRecords()
```

Этап 7. Реализация.

Результаты реализации можно посмотреть здесь:  
<http://artemidos.ru/app/attrec>.

Этап 8. Валидация.

Спроектированное и реализованное программное обеспечение позволило решить проблему учета присутствия учащихся на занятиях.

Этап 9. Верификация.

Поведение реализованной программы соответствует разработанным ранее сценариям.

Этап 10. Дальнейшее развитие.

В дальнейшем к трем вошедшим в состав минимального жизнеспособного продукта вариантам использования были добавлены еще несколько вариантов. Со сценариями, описывающими все варианты использования можно ознакомиться здесь:  
<http://artemidos.ru/app/attrec/doc.html>.

### **Заключение**

В рамках данной работы был предложен метод разработки программного обеспечения через сценарии. Была описана модель процесса разработки, были отдельно описаны его этапы, был приведен пример использования метода и предоставлена возможность ознакомиться с результатами его применения.

### **Список литературы**

1. Уилсон, С. Принципы проектирования и разработки программного обеспечения. / С. Уилсон, Б. Мэйплс, Т. Лэндгрейв. – 2-е изд., испр. – М.: Русская Редакция, 2002. – 736 с.
2. Rosenberg, D. Use Case Driven Object Modeling with UML. Theory and Practice. / D. Rosenberg, M. Stephens. – New York: Apress L. P., 2008. – 440 p.
3. Макконнел, С. Совершенный код. Мастер класс. / С. Макконнел. – М.: Русская редакция, 2010. – 896 с.
4. Unified Modeling Language Specification [Электронный ресурс] : Object Management Group. – Режим доступа: <https://www.omg.org/spec/UML>
5. Сазерленд, Д. Scrum. Революционный метод управления проектами / Д. Сазерленд. – М.: Манн, Иванов и Фебер, 2016. – 288 с.
6. ГОСТ Р ИСО/МЭК 15288–2005. Информационная технология. Системная инженерия. Процессы жизненного цикла систем [Текст]. – Введ. 2005-12-29. – М: Стандартинформа, 2006. – 53 с.

# Разработка программного модуля искусственного интеллекта для игры в шахматы

А. В. Рягузов, email: ryaguzov2411@mail.ru

Д. В. Борисенков, email: xuser@relex.ru

Воронежский государственный университет

**Аннотация.** *На основе существующих алгоритмов для антагонистических игр с поочередными ходами была реализована программа для игры в шахматы, поддерживающая возможность игры против ИИ – компьютерного соперника. Намечено направление доработки программы с использованием нейросетей.*

**Ключевые слова:** *Теория игр, шахматный движок, альфа-бета отсечение, нейросети, Zobrist-hashing, нейросети.*

## Введение

Игра в шахматы – традиционная область для исследования возможностей искусственного интеллекта. Данная статья посвящена реализации алгоритма выбора хода в шахматах, основанного на принципе минимакса и альфа-бета-отсечении. Рассмотрены способы оптимизации работы этого алгоритма по времени выполнения и по объему используемой памяти.

### 1. Общая характеристика игры в шахматы

Шахматы – антагонистическая игра с полной информацией. В ней нет элементов случайности, и отсутствует кооперация между игроками. Игра начинается со стандартной начальной позиции, два игрока делают ходы строго по очереди и не могут пропускать очередь хода. Игра может завершиться либо приходом к какой-то конечной позиции (мат, пат, недостаточно материала для мата у обеих сторон), либо к позиции, где ни одна из сторон не может добиться выигрыша при оптимальной игре другой стороны (вечный шах, позиционная ничья и т.п.) [1]. На практике также распространены сдача партии игроком, который не видит в своей позиции ресурсов борьбы за ничью или победу, и обоюдное соглашение игроков на ничью.

### 2. Дерево позиций

Для выбора наилучшего хода в заданной позиции необходимо построить дерево игры, представляющее собой ориентированный граф. Вершинами графа являются позиции, ребрами – ходы, ведущие из одной

позиции в другую. Граф может быть разделен на два непересекающихся подмножества вершин  $W$  (позиции, в которых очередь хода у белых) и  $B$  (позиции, в которых очередь хода у черных. Каждой вершине графа ставится в соответствие некоторое число, представляющее оценку соответствующей позиции (0 – ничейная позиция, положительное число – позиция выгодна для белых, отрицательное число – позиция выгодна для черных, модуль оценки – степень выгоды позиции для сильнейшей стороны) [2-3] Текущая позиция является корнем дерева. В процессе анализа программа должна определить оценку текущей позиции и всех позиций, содержащихся в дереве игры.

Сложность игрового дерева вычисляется по формуле

$$c = w^d$$

где  $w$  – среднее количество возможных ходов,  $d$  – глубина дерева.

### 3. Оценка позиции

Статическая оценка позиции – численное выражение степени выгоды позиции для одной из сторон, по факту является объективной интерпретацией человеческого взгляда на позицию и определения ее качества (насколько сильной она является) [3, 4].

Разработка алгоритма, ответственного за расчет статической оценки, является самой сложной задачей с креативной точки зрения. В отличие от перебора ходов с помощью дерева, подходящего под огромное множество различных игр, функция оценки позиции должна быть специфицирована под конкретную игру (в данном случае – шахматы). Именно в функции оценки позиции учитываются особые факторы, свойственные данной игре [4].

Численное значение, которое ставится в соответствие позиции, определяет способность программы различать сильные и слабые позиции, что в целом определяет уровень искусственного интеллекта. Функция оценки, возвращающая хорошее значение для одного игрока, должна возвращать плохое значение для его оппонента, и наоборот. Таким образом, крайне важна симметричность оценочной функции.

Существует множество методов, используемых при реализации оценочной функции, например [3]:

- отдельное представление оценок каждой фигуры на каждой позиции, выраженное в виде таблиц;
- генетический алгоритм;
- корректировка оценки в зависимости от отдельных позиционных факторов.

#### 4. Алгоритм минимакс

Принцип минимакса заключается в чередовании решений задачи выбора наилучшего хода между оппонентами, каждый из которых на каждом ходу выбирает оптимальную для себя оценку, возвращая решение в корень дерева с учетом того, что оппонент также будет выбирать лучшие ходы. В узлах последнего уровня (листьях дерева) осуществляется статическое оценивание.

При помощи алгоритма минимакса может быть осуществлен полный перебор всех позиции дерева заданной глубины (рис. 1) [3, 5]. Однако сам по себе, без оптимизации, данный алгоритм имеет ряд недостатков, к которым относится экспоненциальный рост количества рассматриваемых позиций в зависимости от роста глубины дерева.

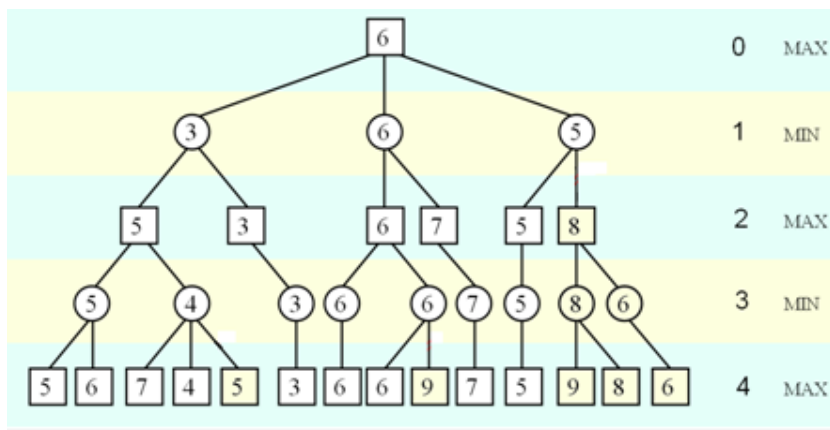


Рис. 1. Пример дерева игры, где вес каждого узла – оценка текущей позиции

#### 5. Методы оптимизации алгоритма минимакс.

##### Альфа-бета отсечение

Альфа-Бета отсечение (англ. Alpha-Beta pruning) – алгоритм поиска, основной задачей которого является сокращение количества узлов, оцениваемых в минимакс-дереве. Является важнейшим оптимизационным алгоритмом, применяемым практически во всех позиционных играх между двумя игроками [2-4].

Главная идея заключается в следующем: если при каком-либо ходе соперник имеет возможность сделать заведомо неблагоприятный для рассматриваемого игрока ход, то уже можно исключить из рассмотрения все остальные ответные ходы соперника.

Название данного алгоритма происходит от параметров  $\alpha$  и  $\beta$ , подающихся на вход для его выполнения. Они отвечают за границы отсечения на первом уровне, при проходе в глубину параметры меняются. Изначально  $\alpha = +\infty, \beta = -\infty$ . Принцип работы алгоритма изображен ниже (рис. 2).

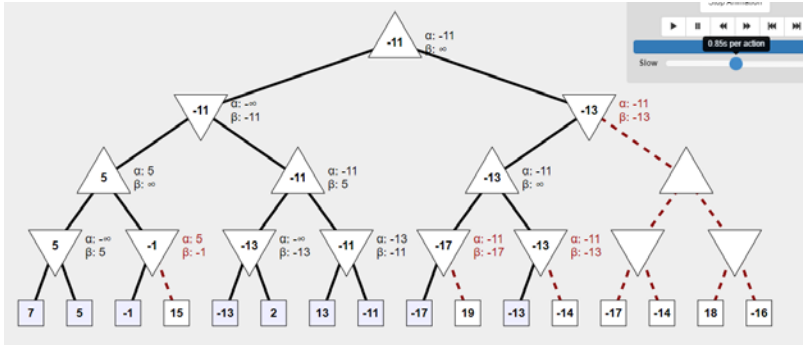


Рис. 2. Пример работы альфа-бета отсечения

## 6. Итерационное погружение

Основной принцип итерационного погружения (англ. Iterated Deepening) заключается в последовательном вызове функции перебора ходов на фиксированной глубине с увеличением глубины вплоть до достижения максимально заданной (либо пока не будет превышен лимит времени перебора). Основное преимущество данного метода – отсутствие необходимости выбора глубины поиска заранее с возможностью использования результата последнего поиска. Возвращенные значения могут быть также использованы для корректировки при следующем поиске [3].

## 7. Сортировка ходов

Результат альфа-бета отсечения достаточно сильно зависит от того, в каком порядке проверяются ходы. Для разработки алгоритма сортировки ходов необходимо определить, какие ходы нужно исследовать в первую очередь. Для этого существует так называемая эвристика убийства. Она заключается в том, что нужно попробовать первым ход, вызвавший отсечение на предыдущей ветке. Вводится массив, хранящий наилучшие ходы каждой глубины, и если существуют ходы из данного массива на текущей глубине, их нужно проверять в первую очередь [2].

Для всех остальных ходов приоритет должен отдаваться взятиям и шахам. Такие ходы гораздо важнее и заметнее «тихих» ходов, которые могут быть рассмотрены позже.

### **8. Zobrist-хеширование**

Zobrist-хеширование (названо в честь Альберта Zobриста, р. 1942) – наиболее известный метод хеширования, получивший свое распространение в программировании настольных игр для двоих, в частности шахмат [2, 4, 6].

Zobrist-хеширование начинается со случайной генерации битовых строк для каждого возможного элемента шахмат, то есть для каждой комбинации фигур и позиции. В шахматах таковыми элементами являются 12 фигур на 64 поля или 16 фигур, если король может рокироваться и пешка может совершать взятие на проходе (En Passant). Далее любая конфигурация доски может быть разбита на независимые компоненты фигуры или позиции, которые соответствуют случайным битовым строкам, сгенерированным ранее. Окончательное хеш-значение вычисляется путем применения к битовым строкам операции побитового исключающего «или» (XOR).

### **9. Использование книги дебютов**

Как уже было отмечено, дебют (начальная стадия игры) неразрывно связан с шахматной теорией. За века развития шахмат великими игроками, гроссмейстерами и просто шахматными теоретиками было открыто множество вариантов дебютов, например, каким образом максимально быстро развить свои фигуры, обезопасить короля, захватить инициативу и т. д. [2].

Безусловно, возникает проблема обучения программы определенным дебютам, особенно с учетом того, что это относительно несложная задача, нежели обучение анализу более абстрактных и неоднозначных позиций, возникающих в миттельшпиле и эндшпиле. Для реализации данного принципа достаточно добавить в программу список дебютов, чтобы программа могла сравнивать позиции с уже имеющимися.

### **10. Разработка программы**

Во время разработки шахматной программы должны учитываться следующие требования:

- Оптимальность реализованных методов по времени и качеству работы
- Простота реализованных методов



– Дружелюбный пользовательский интерфейс, предусматривающий игру на виртуальной шахматной доске с виртуальными шахматными фигурами, а также некоторые пользовательские настройки, например, выбор уровня сложности [7].

Программа разработана на языке C# с применением языка xml для создания элементов интерфейса.

Интерфейс (рис. 3, 4) и структура программы (рис. 5) приведены ниже. Автор дизайна: Jacques Fournier.

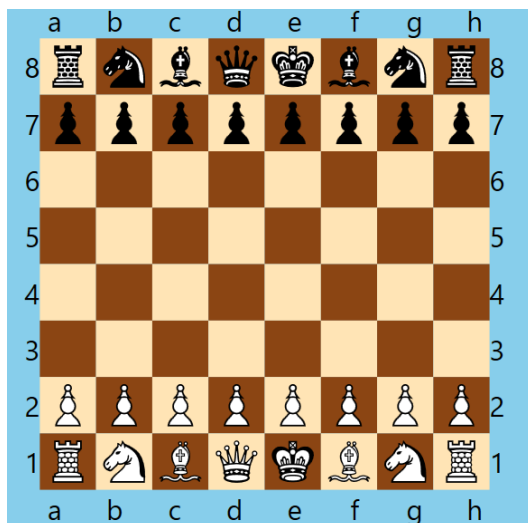


Рис. 3. Игровая доска

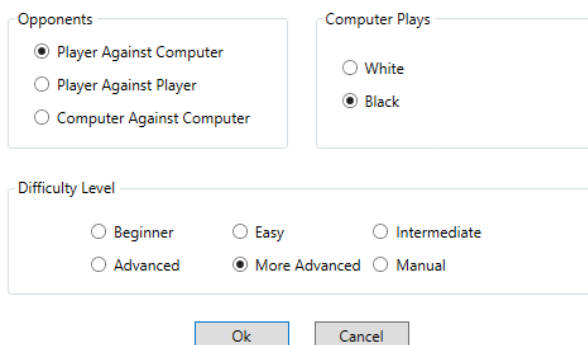


Рис. 4. Меню настроек

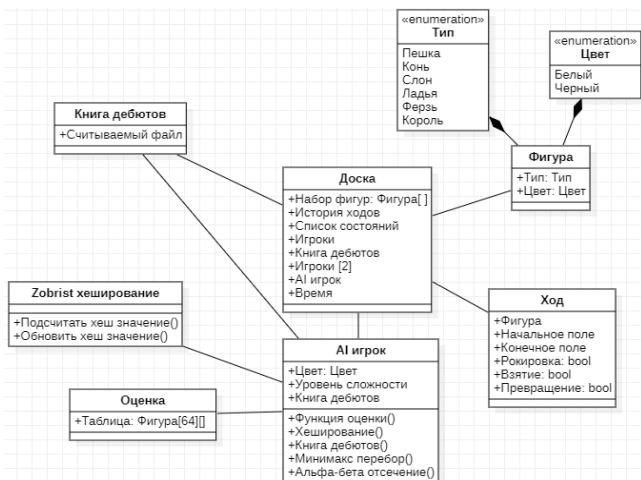


Рис. 5. Структура программы

## Заключение

Были описаны основные принципы и алгоритмы, обеспечивающие работу шахматной искусственного интеллекта, в результате чего был получен конечный результат в виде полноценной программы. В дальнейшем на основе уже изученных алгоритмов планируется усовершенствование шахматного ИИ с использованием нейронных сетей [8].

## Список литературы

1. Компьютерные алгоритмы игры в шахматы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://postnauka.ru/video/47550>
2. Хабр [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/329528/>
3. Tproger [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://tproger.ru/translations/simple-chess-ai-step-by-step/>
4. Chessprogramming WIKI [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.chessprogramming.org/>
5. Harmonia Philosophia [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://harmoniaphilosophica.com/2019/02/13/huo-chess-c-micro-chess-updated/>
6. Zobrist Hashing [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://levelup.gitconnected.com/zobrist-hashing-305c6c3c54d0>
7. Tearth's blog. .NET and low-level programming [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://tearth.dev/posts/performance-of-chess-engines-written-in-csharp-part-1/>
8. Dennis DeCoste. The Future of Chess-Playing Technologies and the Significance Kasparov Versus Deep Blue [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.aaai.org/Papers/Workshops/1997/WS-97-04/WS97-04-003.pdf>

## Разработка набора настольных игр на платформе Android

Н. Ю. Савина, email: natali.savina.01@mail.ru

Н. К. Самойлов, email: nk.samoylov@gmail.com

Воронежский государственный университет

**Аннотация.** *В данной работе рассматривается разработка пошаговой настольной игры для платформы Android.*

**Ключевые слова:** *Настольная игра, Android.*

### Введение

Настольные игры являются одним из популярных и полезных видов досуга. Настольные игры позволяют не только приятно проводить время в кругу семьи или друзей, но и развивать логику, воображение, скорость реакции.

Целью данной работы является разработка пошаговой настольной игры для платформы Android. Разрабатываемая игра основывается на игре «Чудовище Джо-Джанги», автором игры является кандидат педагогических наук Л.А.Кутырёв-Трапезников. Игра была создана в 1992 году, является самой известной игрой Кутырева-Трапезникова. В 1993 году игре была присуждена Золотая медаль на Международной ярмарке игрушек в Петербурге.

Игра рассчитана на от двух до шести игроков. Игроки отправляются в неизвестную местность – Джо-Джангу. Им необходимо пройти все испытания путешествия: сначала нужно умело собраться в дорогу, потом преодолеть трудности на пути в Джо-Джангу, а уже там сфотографировать или заснять на киноплёнку опасных животных, которые способны напасть. Но главная цель – вернуться в лагерь живым и богатым. Игра завершается, когда вернется хотя бы один из игроков, а победитель определяется по количеству денег, полученных за фотографии, видеозаписи, проданные шкуры животных и предметы снаряжения.

Игра состоит из игрового поля, карточек ситуаций и предметов, игровых денег, игровых кубиков. На рис. 1 представлен внешний вид настольной игры – ее поле, фигурки персонажей, игровой кубик, карточки игровых предметов и денег.



Рис. 1. Внешний вид игры «Чудовище Джо-Джанги»

## 1. Архитектура приложения

Разрабатываемое приложение является мобильным приложением для платформы Android, его архитектура состоит из трех основных компонентов, описанных в [1, 2]:

- game – реализует логику игры;
- view – пользовательский интерфейс приложения;
- application – отвечает за взаимодействие игры и отображения.

## 2. Механика игры

Ядром видеоигры является игровой движок, и при реализации рассматриваемой игры одной из задач была разработка собственного движка для мобильных настольных игр, который можно было бы использовать повторно и позволял бы создать не только «Чудовище Джо-Джанги», но и «Монополию» и другие настольные игры подобного жанра.

Основными компонентами движка стали объектная модель игрового поля, модель игрока, модель игрового кубика и интерфейс самой игры. На рис. 2 изображена диаграмма классов игрового движка.

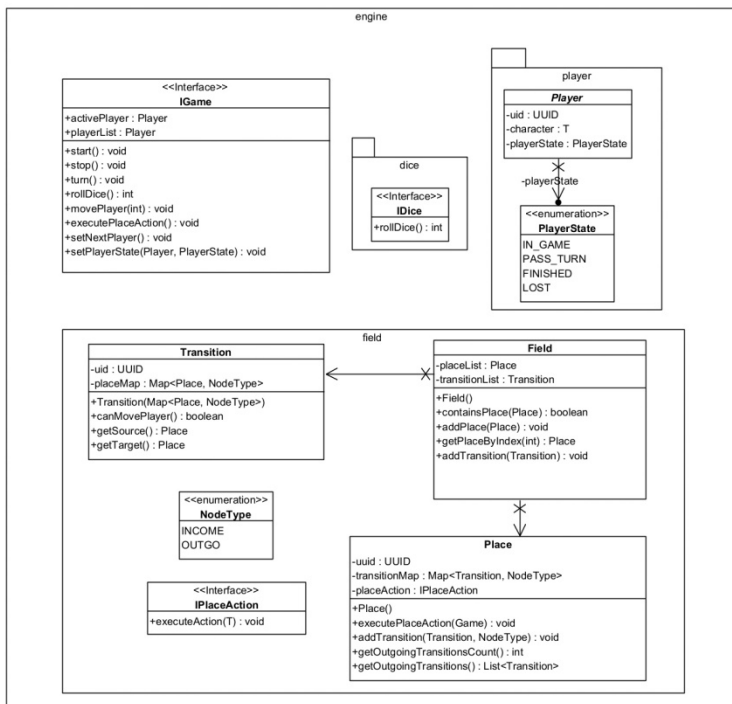


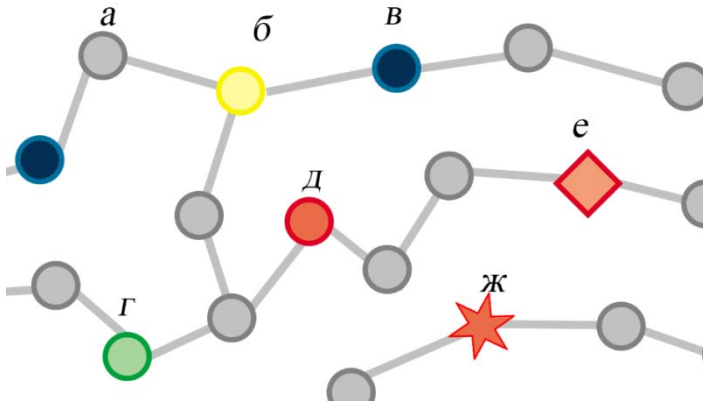
Рис. 2. Диаграмма классов игрового движка

## 1. Игровое поле

Игровое поле может быть смоделировано с помощью графов, где каждая клетка – это вершина графа, а переходы между клетками – ребра. Подробное описание графов можно найти в [3]. На рис. 3 приведен фрагмент игрового поля.

Для создания игрового поля используются классы Field – поле, Place – клетка, Transition – переход между клетками. У каждой клетки есть входящие и исходящие переходы, а у каждого перехода есть источник и цель. В данной работе используется модель ориентированного графа.

Правила игры предусматривают различные типы клеток, от которых зависят действия игроков. Разные события на клетках поля реализованы с помощью интерфейса IPlaceAction. Вызов метода executePlaceAction позволяет выполнить необходимое действие на клетке. На рис. 4 изображена диаграмма классов игрового поля.



*а* – клетка без действий, *б* – клетка использования карточек ситуаций, *в* – клетка переправы через реку, *г* – клетка перехода через болото, *д* – красная клетка встречи с туземцами, *е* – красная клетка встречи с гангстерами, животными, *ж* – красная клетка встречи с чудовищами

Рис. 3. Фрагмент игрового поля

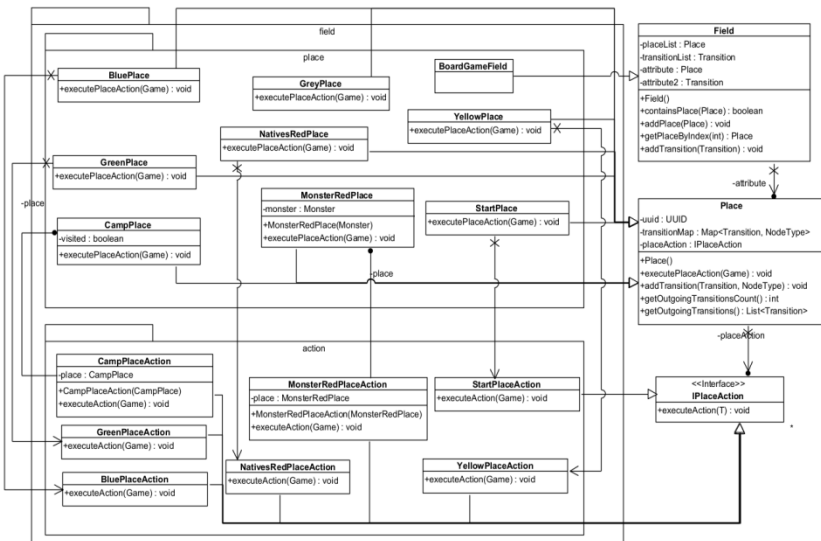


Рис. 4. Диаграмма классов игрового поля

## 2. Игрок

Моделирование игрока происходит за счет создания объекта, наследующего `Player`. Игрок содержит информацию об игровых предметах, которыми он владеет, количестве денег персонажа.

## 3. Игральный кубик

Для реализации собственного кубика, или кубиков, необходимо реализовать интерфейс `IDice` с методом `rollDice()`. Различные реализации этого метода позволят моделировать выброс кубиков, необходимый по правилам игры. В данной работе используется кубик с шестью гранями.

## 4. Основной игровой цикл

Игра начинается с распределения между всеми участниками 15000 единиц внутриигровой валюты. Каждый игрок тратит эти деньги на снаряжение в экспедицию, также деньги можно выделить для оплаты переправы через реку, на покупку лошадей или на эвакуацию обратно в лагерь.

Игровой цикл – зацикленный набор игровых механик, который использует пользователь. Игровой цикл, как шаблон проектирования, описан в [4]. В разрабатываемой игре основной игровой цикл состоит из нескольких шагов:

1. Выбор игрока для хода;
2. Выбрасывание кубиков;
3. Перемещение игрока по полю в соответствии с выпавшим числом;
4. Выполнение действий на клетке.

Действия на клетке зависят от типа клетки и могут включать в себя:

- для желтых клеток – получение карточки ситуации;
- для синих клеток – использование средств переправы (лодка, плот) и бросок кубика, чтобы определить исход переправы;
- для зеленых клеток – бросок кубика и применение защиты от москитов или попытки выбраться из болота, теряя предметы или вновь кидая кубик;
- для красных клеток – торговля с туземцами или отпугивание их, защита от гангстеров и животных, съемка чудовищ или защита от их нападения;
- для клеток привала, монастыря, хижины – покупка или продажа предметов.

В зависимости от числа, выпавшего на кубике, а также снаряжения игрока, действия на клетках могут привести к гибели путешественника, и игрок должен будет начать игру сначала.

Игровой цикл выполняется до тех пор, пока игра не завершится: пока не вернется хотя бы один игрок.

### 5. Генерация игрового поля

Использование в качестве модели игрового поля графа позволяет создавать новые поля, используя уже известные алгоритмы генерации графов.

На карте игры присутствуют различные области, которые влияют на типы клеток поля: равнины, болота, реки и Джо-Джанга. На равнинах встречаются серые, желтые клетки, красные клетки туземцев и животных, привалы, монастыри. Болота – местонахождение зеленых клеток, реки – местонахождение синих клеток. В Джо-Джанге встречаются клетки чудовищ, которых можно фотографировать или атаковать. На болотах, реках и в Джо-Джанге также встречаются серые и желтые клетки.

Такое разбиение игрового поля на области позволяет использовать процедурную генерацию карты. При процедурной генерации карты необходимо:

1. Построить диаграмму Вороного;
2. Распределить полученные области между областями игровой карты.

Далее в каждой из областей необходимо сгенерировать граф игрового поля в соответствии с клетками, подходящими области. Для графа в разрабатываемом приложении используется алгоритм, основанный на генерации остова дерева с заданными количеством и типами вершин. По завершении генерации полученное дерево дополняется дополнительными ребрами до необходимой степени вершин. Подробное описание алгоритма можно найти в [5].

После генерации графа проводится укладка графа для создания визуально легко читаемого и воспринимаемого изображения. Такой граф используется в игре в качестве поля.

## 3. Пользовательский интерфейс

Разрабатываемое приложение является мобильным и состоит из двух экранов:

- экрана стартового меню;
- экрана игры.

Экран стартового меню позволяет настроить игру перед началом – добавить игроков в команду, распределить игровые предметы –, а также непосредственно начать игру.

Экран игры (рис. 5) отвечает за отображение состояния текущей игры, отображает игровое поле, персонажей игроков, активного игрока,



а также отображает диалоговые окна, необходимые при выборе игроком предметов или пути, по которому перемещаться по игровому полю.

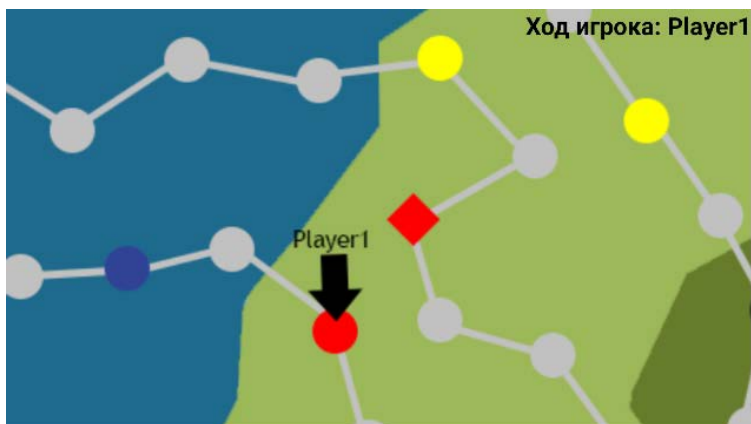


Рис. 5. Пользовательский интерфейс, отображение игрового поля, активного игрока

Для отрисовки игровых объектов используются «обертки» для поля и его компонентов, персонажей – FieldWrapper, PlaceWrapper, TransitionWrapper, CharacterWrapper. Это позволяет определять дополнительные параметры для игровых объектов, которые не влияют на игру, но используются для отрисовки, например, координаты клеток на поле или размер поля. Применение средств платформы Android для отображения игровых компонентов описано в [6].

### Заключение

В данной работе рассмотрена разработка пошаговой настольной игры для платформы Android.

Приложение основано на настольной игре «Чудовище Джо-Джанги».

В функциональность игры входит:

- Генерация игрового поля;
- Прохождение игроков по игровому полю;
- Применение стратегий игровых клеток в зависимости от типа клетки;
- Применение игровых предметов;
- Применение игровых карточек ситуаций;
- Использование игрового кубика;
- Добавление новых игроков и игра с ними.

### Список литературы

1. McShaffry, M. Game Coding Complete / M. McShaffry, D. Graham. – Cengage Learning, 2012. – 911 p.
2. Gregory, J. Game Engine Architecture / J. Gregory. – 3rd edition. – New York: A K Peters/CRC Press, 2018. – 864 p.
3. Касьянов, В. Н. Графы в программировании: обработка, визуализация и применение / В.Н. Касьянов, В.А. Евстигнеев – СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 1104 с.
4. Nystrom, R. Game Programming Patterns / R. Nystrom. – Genever Benning, 2014. – 354 p.
5. Wilson, D. B. Generating Random Spanning Trees More Quickly than the Cover Time / D. B. Wilson // STOC '96: Proceedings of the twenty-eighth annual ACM symposium on Theory of Computing. – Pennsylvania, Philadelphia, USA, 1996. – P. 296-303.
6. Zechner, M. Beginning Android Games / M. Zechner, J. F. DiMarzio, R. Green. – Berkeley, CA: Apress, 2011. – 688 p.

# Информационная система управления тепличными комплексами с применением элементов нечёткой логики

Д. Е. Хныкин, email: hnykin\_d\_e@sc.vsu.ru  
Н. К. Самойлов, email: nk.samoylov@gmail.com

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный университет»

**Аннотация.** В данной работе рассматривается информационная система управления тепличными комплексами с применением элементов прогнозирования, на основе нечёткой логики. Принцип работы связан с взаимодействием аппаратной, серверной и клиентской части с использованием интерфейса RESTful API.

**Ключевые слова:** Информационная система, тепличный комплекс, теплица, автоматизация процессов, микроконтроллер, информационная система управления тепличными комплексами с применением элементов нечёткой логики.

## Введение

подавляющее большинство тепличных комплексов не оснащены логикой, с помощью которой можно было бы управлять автоматикой теплиц дистанционно, без физического участия оператора. Таким образом, разработка информационной системы, обеспечивающей оснащение тепличного комплекса устройством для сбора данных их передачу, обработку, анализ и управления в следствии автоматикой теплиц представляет собой актуальную задачу. Устройство (управляющая плата и набор периферийных устройств) должно быть выполнено в компактном корпусе, с учетом особенностей места расположения его в теплицах, т.е. должно быть устойчиво, как минимум к брызгам воды и условиям повышенной влажности, что соответствует международному стандарту степени защиты (International Protection) IP54 (ГОСТ 14254-2015). [1] При этом необходимо предусмотреть своевременный сбор и обработку информации с периферийных устройств с целью прогнозирования климата внутри теплиц, в том числе и для экономии ресурсов.

## 1. Цель исследования

Разработка функционирующего макета устройства, которое обеспечило бы сбор, обработку, передачу данных и управление теплицами в тепличном комплексе.

## 2. Принцип работы информационной системы

Принцип работы информационной системы основывается на реализации и взаимодействии трех ключевых частей:

- Аппаратная часть: выполненное на печатной плате устройство, управление которым осуществляет контроллер на базе процессора с RISC-архитектурой, и его обвязка в виде периферийных датчиков, для сбора информации

- Серверная часть: набор микросервисов реализованный на базе Spring Framework для обработки информации.

- Клиентская часть: клиент для управления системой, в виде Android-приложения, для просмотра состояний и управления теплицами.

Печатная плата для аппаратной части информационной системы разработана самостоятельно, разведена в среде автоматизации проектирования электроники включающая в себя редактор принципиальных схем – EasyEDA, выполнена на фольгированном стеклотекстолите, места под компоненты помечены с помощью шелкографии, как показано на рис. 1.

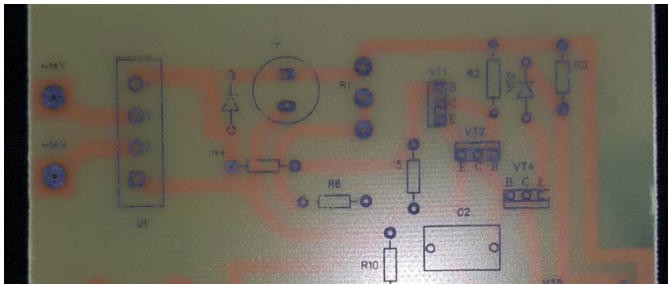


Рис. 1. Шелкография на печатной плате

Серверная часть приложения написана на языке Java с использованием Spring Boot Framework, включая технологии Spring Security и Spring Data. [2-3] Внутренняя архитектура приложения состоит из трех уровней: слоя контроллеров, слоя сервисов и слоя репозиториев.

Слой контроллеров обеспечивает взаимодействие сервера с клиентом с помощью REST API, как показано на рис. 2. Задача

контроллера – получить HTTP-запрос от клиента, передать его в слой сервиса и после того, как будет произведена необходимая логика с данными запроса, контроллер формирует и возвращает клиенту HTTP-ответ. Слой сервисов отвечает за всю бизнес-логику приложения. В них реализована вся функциональность, используемая приложением для манипуляции данными, как приходящих из запросов клиента, так и из базы данных. [4] На рис. 3 показана схема архитектуры приложения.

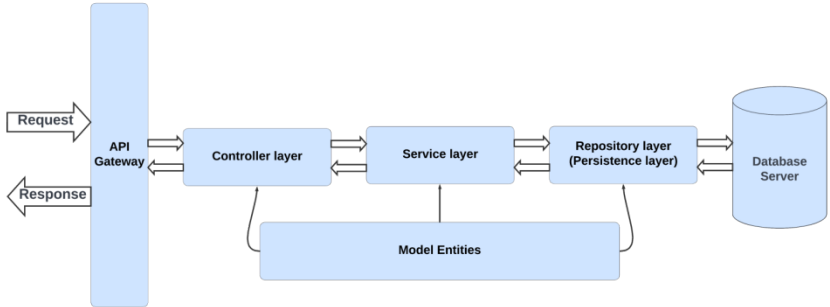


Рис. 2. Схема внутренней REST API архитектуры приложения

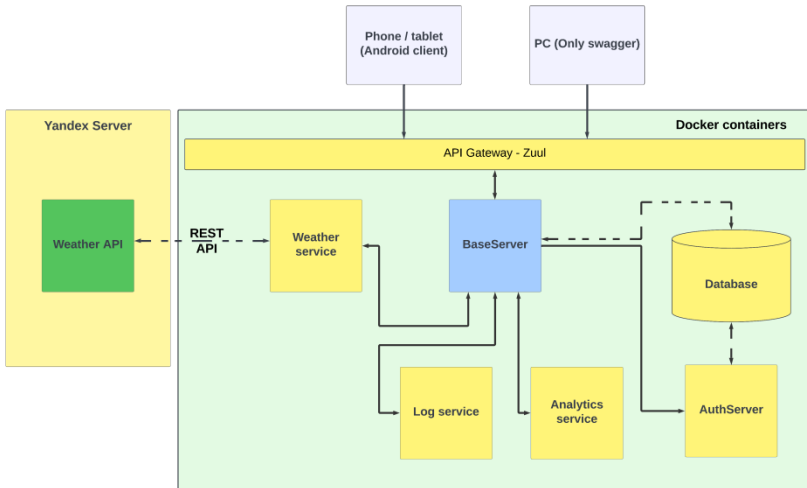


Рис. 3. Схема архитектуры приложения

Описание компонентов:

- Weather API – api от компании Яндекс, для получения информации о погоде;

- Weather Server – внутренний сервис для работы с данными о погоде;
- Auth Server – решение на основе сервера Keycloak;
- API Gateway – основанный на JVM маршрутизатор и серверный балансировщик нагрузки. Необходим для получения единой точки входа для сервисов;
- database – в качестве базы данных будет использоваться PostgreSQL;

каждый микросервис и/или компонент имеет свою схему для минимальной связности.

Клиентская часть информационной системы, выполнена в виде android-приложения.

Вариант использования информационной системы. На комплексах теплиц, или на единичных теплицах, а так же на открытых участках почвы, с засеянными на них культурами, за которыми требуется уход, размещается одно управляющее устройство, выполненное в рамках данной работы, которое имеет корпус, защищенный по стандарту IP54, во избежание попадания влаги на электронные компоненты. И опциональный набор дополнительных устройств, таких как: насос, ультрафиолетовая лампа, увлажнители воздуха и т.д. Управляющее устройство имеет набор датчиков (конфигурируется в зависимости от места применения) и доступ к сети интернет. Устройство получает данные с датчиков, которые обрабатываются микроконтроллером и отправляются на общий сервер, где происходит их анализ и обработка. [5-6]

Таким образом, на сервере осуществляется конвергенция двух потоков информации:

- Поток информации с датчиков теплицы
- Поток информации с серверов сервиса Яндекс.Погода.

Анализ и взаимодействие с информацией этих двух потоков и элементов нечеткой логики на стороне сервера и позволяет прогнозировать и выстраивать план работы внешних устройств, для создания благоприятной среды внутри теплиц.

Для управление системой предусмотрена клиентская часть в виде android-приложения для конечного пользователя. В приложении реализован полный цикл использования от регистрации нового пользователя и регистрации им конечного устройства, до просмотра статистики и управления устройством и подключенных к нему дополнительных устройств. Несмотря на наличия автоматического режима работы системы, пользователь вправе вручную изменять состояния устройств.

### 3. Особенности работы с API Яндекс.Погода

Для получения информации о погоде на сервер яндекса нужно сначала получить в личном кабинете разработчика получить уникальный ключ и отправить следующий GET-запрос, представленный в листинге 1, параметр с ключом для заголовка представлен в листинге 2. Параметры запроса к API Яндекс.Погода представлены в табл. 1.

Листинг 1

*Формат запроса к API Яндекс.Погода*

GET <https://api.weather.yandex.ru/v2/forecast?>

Таблица 1

*Параметры запроса к API Яндекс.Погода*

Поле	Описание	Тип
lat	Широта в градусах. Обязательное поле.	double
lon	Долгота в градусах. Обязательное поле.	double
lang	Сочетания языка и страны, для которых будут возвращены данные погодных формулировок.	String
limit	Количество дней в прогнозе, включая текущий.	integer
hours	Для каждого из дней ответ будет содержать прогноз погоды по часам.	boolean
extra	Расширенная информация об осадках.	boolean

Листинг 2

*Строка с ключом в заголовок запроса*

X-Yandex-API-Key: <значение ключа>

Этот запрос позволяет узнать фактическое значение и прогноз погоды для указанного населенного пункта.

Далее, на серверной стороне необходимо описать класс, который отлавливает и совмещает ответы от api на сущности проекта, с необходимыми полями, чтобы далее работать, как с обычными Java-объектами.

Ответ на запрос возвращается в формате JSON. Информация, которая содержится в ответе, представлена в табл. 2.

Таблица 2

*Формат ответа API Яндекс.Погода*

Поле	Описание	Формат
now	Время сервера в формате Unixtime.	Число
now_dt	Время сервера в UTC.	Строка
info	Объект информации о населенном пункте.	Объект
fact	Объект фактической информации о погоде.	Объект
forecasts	Объект прогнозной информации о погоде.	Объект

#### 4. Конструкционные особенности устройства

Аппаратная часть информационной системы состоит из следующих частей:

- Печатной платы, на который размещен микроконтроллер и необходимая для него обвязка из электронных компонентов, набор реле, для управления нагрузкой и их обвязка, а так же компоненты для реализации питания платы и необходимые разъемы для подключения периферийных устройств (датчиков и модулей).
- Датчика температуры, давления, влажности и освещенности.
- Блока питания.

Обвязка микроконтроллера подразумевает использование wi-fi модуля, который необходим для передачи данных на сервер. Для этого, соответственно, устройству необходимо предоставить доступ к сети интернет.

Сигнал с датчиков приходит в микроконтроллер, который записывает информацию о показаниях и отправляет её на сервер.

#### Заключение

Разработана информационная система, которая обеспечивает сбор, обработку, передачу данных для управления климатом теплиц в тепличном комплексе или участками, которые требуют ухода и



поддержания благоприятной среды почвы. Первый этап развития системы представлен на GitLab. [7] Перспективы дальнейшей разработки связаны с созданием системы интегрированной в тепличный комплекс, повышением отказоустойчивости всей системы, повышением качества системы для конечного пользователя.

### Список литературы

1. Межгосударственный стандарт ГОСТ 14254-2015 (МЭК 60529-2013) «Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (код IP)» [Текст] : ГОСТ 14254-2015 от 10 декабря 2015г. № 48-2015. – Взамен ГОСТ 14254-96 (МЭК-529-89); введ. 01.03.2017г. – Москва: Стандартинформ, 2016. – 39 с.
2. Раджпут, Д. Spring. Все паттерны проектирования / Д. Раджпут. – Санкт-Петербург : Питер, 2019. – 320 с.
3. Карнелл, Д. Микросервисы Spring в действии / Д. Карнелл, У. Санчес Иллари, пер. с англ. А. Н. Киселева. – Москва : ДМК Пресс, 2022. – 490 с.
4. Ahmed, I. PostgreSQL 10 High Performance / I. Ahmed, G. Smith, E. Pirozzi. – Birmingham : Packt Publishing, 2018. – 508 p.
5. Водолазов, А. Микроконтроллеры для систем автоматки. Учебное пособие / А. Водолазов. – Вологда : Инфра-Инженерия, 2022. – 168 с.
6. Петин, В. Новые возможности Arduino, ESP, Raspberry Pi в проектах IoT / В. Петин. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2022. – 319 с.
7. Программный код серверной и клиентской части информационной системы [Электронный ресурс] : GitLab-проект. – Режим доступа: <https://gitlab.com/khnykin-greenhouse>

# Использование протокола Kerberos для авторизации пользователей прокси-сервера Squid на базе pfSense

М. К. Чернышов, email: mkch69@gmail.com

Воронежский государственный университет

**Аннотация.** В данной работе рассматриваются вопросы применения механизма аутентификации Kerberos для получения доступа в Интернет пользователями корпоративных сетей с использованием прокси-сервера Squid на базе маршрутизатора pfSense.

**Ключевые слова:** компьютерные сети, сетевой протокол аутентификации Kerberos, служба каталогов операционных систем семейства MS Windows Active Directory, прокси-сервер Squid, программный маршрутизатор pfSense.

## Введение

Как правило, пользователям корпоративных сетей при получении авторизованного доступа в Интернет приходится использовать как минимум две пары («имя-пароль») учетных данных, одна из которых необходима для авторизации в сети, а другая – непосредственно для получения доступа в Интернет с заранее определенным для каждого пользователя набором прав, что на практике весьма неудобно. С помощью сетевого протокола аутентификации Kerberos, широко используемого в доменных сетях на основе Microsoft Active Directory, процесс авторизации пользователей при получении доступа в Интернет может быть совмещен с процедурой авторизации в компьютерной сети предприятия.

Данная работа посвящена описанию пошаговой инструкции настройки механизма Kerberos при использовании довольно популярного прокси-сервера Squid, установленного в качестве дополнительного пакета программного маршрутизатора pfSense [1]. При этом необходимо отметить, что несмотря на достаточное количество описанных, ранее полученных, схожих результатов (например, [2-4]), ни один из них не приводил к решению проблемы целиком.

Процесс настройки и внедрения механизма авторизации с помощью протокола Kerberos состоит из трех этапов:

– Создание на контроллере домена файла ключей с целью использования в дальнейшем протокола аутентификации Kerberos;

- Адаптация маршрутизатора pfSense к использованию механизма Kerberos-авторизации;
- Настройка прокси-сервера Squid для предоставления доступа в Интернет различным категориям пользователей домена, обладающим тем или иным набором прав.

### 1. Создание файла ключей Kerberos

Команда для создания файла ключей выполняется на контроллере домена (в рассматриваемом примере – *dc01.mydomain.ru*) и выглядит следующим образом:

```
ktpass.exe /princ HTTP/pfsense.mydomain.ru@MYDOMAIN.RU  
/mapuser pfsense$@MYDOMAIN.RU /crypto RC4-HMAC-NT /ptype  
KRB5_NT_PRINCIPAL /pass +rndpass /kvno 4 /out C:\krb5.keytab
```

Рассмотрим каждый параметр по отдельности:

#### 1. /princ HTTP/pfsense.mydomain.ru@MYDOMAIN.RU

SPN (Service Principal Name) запись [5] *HTTP/pfsense.mydomain.ru* используется в Squid для авторизации с помощью протокола Kerberos. Соответственно, для компьютера домена, указанного в ключе */mapuser PFSENSE\$@MYDOMAIN.RU* в его доменной записи структуры каталогов Active Directory этот примитив должен был прописан. Делается это с помощью следующей команды:

```
setspn -S HTTP/pfsense.mydomain.ru PFSENSE
```

Здесь *PFSENSE* – имя компьютера с установленным pfSense. К моменту выполнения указанной команды этот компьютер должен быть добавлен в Active Directory, а также в прямой и обратной зонах DNS-сервера должны быть сделаны соответствующие записи. Проверить правильность создания SPN-записи можно следующей командой:

```
setspn -L PFSENSE
```

Результат должен быть примерно таким:

```
Зарегистрирован ServicePrincipalNames для  
CN=PFSENSE,CN=Computers,DC=mydomain,DC=ru:  
HTTP/pfsense.mydomain.ru
```

Отметим, что в случае, если выполнение команды создания SPN-записи осуществляется впервые, этих действий достаточно. Однако, если происходит повторная генерация ключей, необходимо убедиться в том, что упоминание данной записи удалено из параметров всех других учетных записей компьютеров и пользователей Active Directory.

Для начала можно дать команду для проверки уникальности всех SPN-записей в домене:

```
setspn -X
```

Команда должна сообщить, что повторов не было найдено.

Кроме того, в случае, если ранее данная SPN-запись использовалась для другого компьютера или пользователя домена, в свойствах этой записи необходимо вручную очистить параметры *userPrincipalName* и *servicePrincipalName*. Удобнее всего это сделать с помощью редактора атрибутов самой учетной записи Active Directory.

## 2. **/mapuser PFSENSE\$@MYDOMAIN.RU**

*Замечание.* Согласно рекомендациям, сформулированным в [4], в процессе настройки осуществлялась попытка привязать ключи к учетной записи специально выделенного пользователя домена (*pfSenseUser*), а не компьютера, однако в итоге Squid не смог распознать ни одного алгоритма шифрования, несмотря на попытки соответствующего изменения свойств этой учетной записи. В итоге ключи генерируются для учетной доменной записи компьютера *PFSENSE* (имя компьютера в Web-интерфейсе *pfSense* и в настройках Active Directory должно быть одним и тем же – с точностью до использования прописных и строчных букв).

## 3. **/crypto RC4-HMAC-NT**

Попытка использования различных алгоритмов шифрования с помощью */crypto ALL* (например, [2]) не увенчалась успехом – в этом случае ни компьютер *PFSENSE*, ни пользователь *pfSenseUser* не могли в дальнейшем авторизоваться непосредственно в Squid. В Web-интерфейсе появлялась ошибка "*bad encryption type*". Эта же ошибка возникала при использовании ключа */mapuser pfsenseuser* (см. описание ключа */mapuser*) даже при "правильном", указанном выше алгоритме шифрования.

## 4. **/pass +rndpass**

При попытке привязать SPN-запись к доменной учетной записи пользователя *pfSenseUser* здесь нужно было бы указать пароль этой учетной записи. В данном случае пароль учетной записи компьютера *PFSENSE* генерируется случайным образом.

*Замечание.* Отметим, что в случае, если с используемой доменной записью в Active Directory будут производиться какие-либо манипуляции (удаление/восстановление, изменение характеристик), старый пароль записи будет утерян, и весь процесс генерации ключей придется осуществлять заново, с нуля.

## 5. **/kvno 4**

По идее, этот ключ вроде бы указывать нет необходимости, однако его пришлось использовать явным образом из-за возникновения ошибок уже непосредственно на стадии проверки работоспособности прокси-сервера Squid. Дело в том, что при каждой попытке заново сгенерировать ключи для одной и той же доменной учетной записи на единицу увеличивается атрибут *msDS-KeyVersionNumber* этой учетной записи в Active Directory. В итоге при попытке использования новой версии файла ключей на компьютере PFSENSE прокси-сервер Squid может выдавать сообщение об ошибке

```
Cannot find key for HTTP/pfsense.mydomain.ru@MYDOMAIN.RU kvno
xxx in keytab
```

В этом случае "внутренняя" версия ключей Squid (*xxx*) может оказаться не совпадающей с той версией ключей, которые были получены в результате повторного выполнения команды *ktpass.exe* – именно в этой ситуации попытка явным образом указать "правильную" версию ключей при их создании помогает избавиться от данной ошибки.

*Замечание.* Нужно отметить, что величина параметра *msDS-KeyVersionNumber* не зависит от значения параметра в ключе /kvno – при каждом повторном запуске команды *ktpass.exe* для одной и той же учетной записи значение параметра по-прежнему будет увеличиваться на единицу.

Отметим, что в настоящий момент значения параметров KVNO в доменной учетной записи PFSENSE и непосредственно на прокси-сервере Squid вручную сделаны одинаковыми. Имеет ли это какое-либо значение – пока непонятно.

## 2. Установка файла ключей Kerberos на компьютер PFSENSE

После создания файла *C:\krb5.keytab* на контроллере домена его необходимо скопировать/перенести на компьютер PFSENSE. Для этого можно, например, использовать FTP-клиент FileZilla.

Сам процесс размещения файла на компьютере PFSENSE, по сути, состоит из нескольких команд, собранных в небольшой скрипт, выполняемый непосредственно в консоли данного компьютера. Текст данного скрипта приведен в листинге 1.

Листинг 1

*Скрипт для размещения файла ключей на pfSense*

```
#!/usr/local/bin/bash
rm -rf /etc/krb5.keytab
ktutil copy /root/krb5.keytab /etc/krb5.keytab
chown squid:squid /etc/krb5.keytab
chmod 0400 /etc/krb5.keytab
```

```
ls -al /etc/krb5.keytab
ktutil list
```

В конечном итоге файл должен располагаться по следующему пути: */etc/krb5.keytab*, однако к этому моменту должны быть исправлены права доступа к этому файлу, поэтому вначале файл переносится с контроллера домена в каталог */root* с тем же именем, а далее с помощью утилиты *ktutil* копируется в каталог */etc*. После этого назначается хозяин файла (*squid:squid*) и настраиваются права доступа к нему (0400).

С помощью команды

```
ktutil list
```

отображается содержимое файла *krb5.keytab* (пример вывода данной команды представлен в листинге 2):

Листинг 2

*Пример содержимого файла ключей*

```
FILE:/etc/krb5.keytab:
```

Vno	Type	Principal	Aliases
4	arcfour-hmac-md5	HTTP/pfsense.mydomain.ru@MYDOMAIN.RU	

На следующем шаге проверяется работоспособность механизма Kerberos. После выполнения команды

```
kinit -k HTTP/pfsense.mydomain.ru
```

не должно появляться сообщений об ошибках! В этом случае с помощью команды *klist* на экран будет выведена информация о сформированных билетах на получение доступа к домену, представленная в листинге 3.

Отметим, что в случае появления сообщений о каких-либо ошибках на данном этапе придется возвращаться к разделу 1. К сожалению, скорее всего, это говорит о возникновении проблем на стадии формирования/очистки SPN-записей в домене.

Листинг 3

*Информация о полученном билете на доступ к pfsense*

```
Credentials cache: FILE:/tmp/krb5cc_0
Principal: HTTP/pfsense.mydomain.ru@MYDOMAIN.RU
```

Issued	Expires
Dec 9 09:16 2022	Dec 9 19:16 2022

```
Principal
krbtgt/MYDOMAIN.RU@MYDOMAIN.RU
```

## Последняя проверка с помощью команды

```
/usr/local/libexec/squid/negotiate_kerberos_auth_test  
pfsense.mydomain.ru
```

позволяет получить окончательный ответ на вопрос, нормально ли функционирует механизм Kerberos. С помощью этой команды тестируется формирование прокси-сервером Squid токена непосредственно для компьютера *PFSENSE*. Эта команда должна выполняться только после успешного выполнения команды *kinit*. После получения токена удаление всех билетов, полученных во время тестирования работы механизма, осуществляется с помощью команды *kdestroy*.

### 3. Настройка Squid

Стоит отметить, что многие рекомендации, связанные с настройкой Squid, встречающиеся в Интернете, как правило, не имеют привязки к особенностям использования Squid в качестве пакета pfSense. В частности, при работе с pfSense не требуется создание конфигурационного файла */etc/krb5.conf*. Кроме того, как уже было сказано ранее, расположение файла с ключами для работоспособности Kerberos фиксировано – файл по умолчанию расположен по пути */etc/krb5.keytab*.

Перейдем непосредственно к процедуре настройки Kerberos-аутентификации в Squid, осуществляемой с помощью механизма Negotiate. Для этого, используя Web-интерфейс pfSense, на основной странице, содержащей настройки Squid, в окне Custom Options (Before Auth) *Расширенных опций Squid* необходимо разместить набор команд, представленный в листинге 4.

В этом случае пользователи домена, входящие в группу *SQUID\_Full* (расположенную в домене по адресу *OU=Service,OU=Groups,DC=mydomain,DC=ru*), получают расширенные права доступа в Интернет по сравнению с пользователями, входящими в группу *SQUID\_Common*. Непосредственное описание конкретных прав доступа в Интернет, предоставляемых различным группам пользователей, оставим за пределами данной работы.

Листинг 4

#### *Вариант настройки прокси-сервера Squid с использованием механизма Kerberos*

```
# Kerberos authorization  
auth_param negotiate program  
/usr/local/libexec/squid/negotiate_kerberos_auth -d -r -s  
HTTP/pfsense.mydomain.ru@MYDOMAIN.RU -t none
```

```

auth_param negotiate children 20
auth_param negotiate keep_alive on

# Basic authorization (login and password)
auth_param basic program
/usr/local/libexec/squid/basic_ldap_auth -R -v 3 -b
"dc=mydomain,dc=ru" -D pfSenseUser@mydomain.ru -w XYZXYZXYZ -f
"sAMAccountName=%s" -u cn -P dc01.mydomain.ru

auth_param basic children 20
auth_param basic realm Mydomain Proxy Authentication
auth_param basic credentialsttl 60 minutes

# Check of belonging of the user to the required group
external_acl_type ldap_groups ttl=30 grace=15 %LOGIN
/usr/local/libexec/squid/ext_ldap_group_acl -R -v 3 -b
"dc=mydomain,dc=ru" -D pfSenseUser@mydomain.ru -w XYZXYZXYZ -f
"(&(objectclass=user)(sAMAccountName=%v)(memberOf=CN=%a,
OU=Service,OU=Groups,DC=mydomain,DC=ru))" -P dc01.mydomain.ru

# Connection to groups for distribution of access to the sites
acl SQUID_Full external ldap_groups SQUID_Full
acl SQUID_Common external ldap_groups SQUID_Common

```

Проверка принадлежности того или иного пользователя к определенной группе осуществляется доменным пользователем *pfSenseUser* на контроллере домена *dc01.mydomain.ru*. В соответствующих командах указаны учетные данные данного пользователя, IP-адрес и имя контроллера домена, осуществляющего проверку.

Пользователям, не прошедшим процедуру авторизации с помощью механизма Negotiate, будет предоставлена дополнительная возможность ввести свои учетные данные в браузере при осуществлении попытки открыть ту или иную страницу в Интернете. При этом правильность введенных данных в рассматриваемом случае также будет проверяться доменным пользователем *pfSenseUser*.

### Заключение

Несколько лет назад использование механизма Kerberos-аутентификации применительно к прокси-серверу Squid, установленному в качестве пакета программного маршрутизатора pfSense, прошло апробацию в виртуальной среде с помощью виртуальной сетевой лаборатории EVE-NG, после чего автором было успешно внедрено в производство на одном из предприятий города Воронежа. Однако в связи с недавним внесением изменений в сетевую инфраструктуру предприятия возникла необходимость корректного



перезапуска используемого механизма. Итогом проделанной работы является уточненное и углубленное пошаговое описание алгоритма Kerberos-аутентификации, изложенное в данной статье.

### **Список литературы**

1. pfSense – Open Source Security [Электронный ресурс] : сайт. – Режим доступа : <https://www.pfsense.org/>
2. Записки IT специалиста [Электронный ресурс] : сайт. – Режим доступа : [https://interface31.ru/tech\\_it/2015/06/nastraiваем-squid-dlya-raboty-s-active-directory-chast-2-kerberos-autentifikaciya.html](https://interface31.ru/tech_it/2015/06/nastraiваем-squid-dlya-raboty-s-active-directory-chast-2-kerberos-autentifikaciya.html)
3. Аутентификация и авторизация squid (Basic, Digest, NTLM, Negotiate) [Электронный ресурс] : сайт. – Режим доступа : <https://www.k-max.name/linux/avtorizaciya-autentifikaciya-squid/>
4. Авторизация на Squid через Active Directory [Электронный ресурс] : сайт. – Режим доступа : <https://www.dmosk.ru/miniinstruktions.php?mini=squid-ad>
5. Создание SPN и Keytab файла [Электронный ресурс] : сайт. – Режим доступа : [https://www.altlinux.org/Создание\\_SPN\\_и\\_Keytab\\_файла](https://www.altlinux.org/Создание_SPN_и_Keytab_файла)

**Секция 2**  
Компьютерное  
моделирование в  
фундаментальных и  
прикладных  
исследованиях

## Способ повышения устойчивости авиационной радиосвязи

А. Е. Алексеев, email: sanei81@bk.ru 1

А. В. Рябов, e-mail: ryalvy@mail.ru 1

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е.Жуковского и Ю.А.Гагарина»  
(г. Воронеж)

**Аннотация.** *В данной работе предложен способ повышения устойчивости системы авиационной радиосвязи на основе использования беспилотных летательных аппаратов в качестве ретрансляторов воздушной радиосвязи.*

**Ключевые слова:** *система авиационной радиосвязи, помехоустойчивость, ретрансляция, беспилотный летательный аппарат.*

### Введение

Эксплуатация современной авиационной техники предъявляет повышенные требования к системе управления, материальной основой которой является система авиационной связи. Для управления авиацией основным родом связи является радиосвязь. При этом к системе авиационной радиосвязи предъявляется ряд требований, важнейшим из которых в современных условиях является помехоустойчивость.

С точки зрения помехоустойчивости наиболее уязвимыми являются подвижные средства радиосвязи, в силу накладываемых на них ограничений по мощности излучения передатчиков и по применяемым антенным устройствам. Однако, подвижные средства радиосвязи зачастую являются единственно возможными средствами организации связи в труднодоступной и удаленной местности со слабо развитой инфраструктурой, а так же при организации связи с воздушными судами.

В известной литературе приведено большое количество способов повышения качества связи, наиболее эффективные из которых основаны на применении сложных сигнально-кодовых конструкций, ретрансляции сигналов, использования высокоэффективных антенных систем, модемных подавителей [1-3]. При этом, одним из наиболее доступных и эффективных способов повышения помехоустойчивости является ретрансляция сигналов.

В современных условиях для организации воздушной радиосвязи широко применяются ретрансляторы на самолетах, вертолетах и

аэростатах. Использование вышеперечисленных средств в качестве ретрансляторов позволяет существенно увеличить дальность связи, либо повысить уровень сигнала в точке приема. Однако имеются и существенные недостатки использования таких средств, основными из которых является: большая зависимость от физико-географических условий и метеобстановки, расход эксплуатационного ресурса авиационной техники; высокие экономические затраты при эксплуатационном обслуживании авиационной техники; необходимость привлечения большого количества обслуживающего персонала. В то же время, потенциальные возможности применения беспилотных летательных аппаратов (БЛА) в качестве ретрансляторов для организации авиационной радиосвязи в настоящее время в полной мере не используются и является перспективным направлением.

### **1. Возможность применения БЛА в качестве воздушных ретрансляторов**

В настоящее время БЛА находят широкое применение для решения задач географической разведки в труднодоступных районах, контроля за пожарной безопасностью в удаленных, пожароопасных районах, контролем в ходе поддержания общественного правопорядка при проведении массовых мероприятий и митингов, поисково-розыскных мероприятий и ряда других задач. Представляет практический возможность применения БЛА в качестве ретрансляторов при организации воздушной радиосвязи [4].

В настоящее время отечественной промышленностью освоен выпуск БПЛА типа «Орлан», внешней вид представлен на рис. 1.

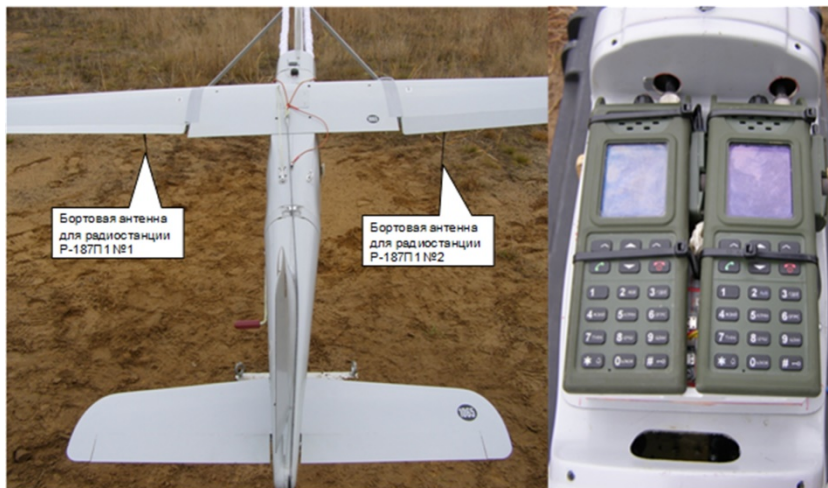


*Рис. 1. Внешний вид БПЛА типа «Орлан»*

Анализ тактико-технических характеристик этих БЛА позволяет сделать вывод о возможности их применения в качестве воздушных ретрансляторов, при размещении на их борту в качестве полезной нагрузки малогабаритных радиостанций [4].

В зависимости от типа используемого БЛА и его возможностей по размещению полезной нагрузки, могут быть рассмотрены малогабаритные, помехозащищенные радиостанции типа Р-187П1, Р-187БВ, Р-853 В2М и другие. [4].

На рис. 2 представлен вариант размещения двух радиостанций Р-187П1 на БЛА «Орлан-10» при проведении эксперимента по его использованию в качестве воздушного ретранслятора.



*Рис. 2.* Бортовой ретранслятор связи на базе БЛА «Орлан-10» с двумя радиостанциями Р-187П1

Результаты моделирования и экспериментальные данные показали, что практическое применение воздушных ретрансляторов на БЛА позволяет оперативно развертывать информационные направления и повысить устойчивость авиационной радиосвязи. При этом представляет интерес организации сетей авиационной радиосвязи на основе применения группы БЛА для ретрансляции [4].

## **2. Способ повышения устойчивости авиационной радиосвязи на основе ретрансляции сигналов группой БЛА**

Рассмотрим сеть воздушной радиосвязи, состоящую из узла отправителя сообщения (наземная радиостанция), узла получателя сообщения (радиостанция, расположенная на воздушном судне) и от 2 до 6 воздушных ретрансляторов (радиостанций, находящихся на БЛА). Вариант подобной системы представлен на рис. 3.

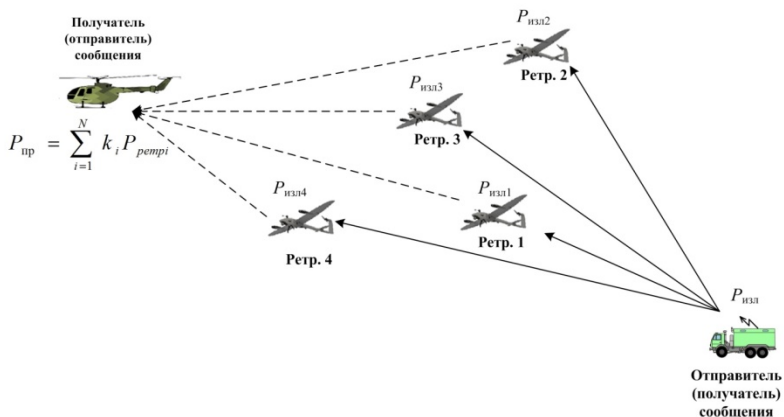


Рис. 1. Вариант адаптивной сети воздушной радиосвязи с использованием воздушных ретрансляторов на БЛА

Каждый ретранслятор может работать в следующих режимах:

- последовательная ретрансляция через составные радиолинии;
- параллельная ретрансляция с пространственным сложением мощности передатчиков [5].

В простой сигнально-помеховой обстановке предполагается работа рассматриваемой сети радиосвязи либо в режиме непосредственной связи наземной радиостанции с воздушным судном, либо режиме последовательной ретрансляции сигналов через один или несколько БЛА с маломощными радиостанциями на борту. При этом в сети необходим мониторинг доступного структурного ресурса и оценка радиочастотной обстановки.

При ухудшении сигнально-помеховой обстановки и наличии доступных ретрансляторов, осуществляется переход в режим параллельной ретрансляции с синфазным суммированием сигналов в точке приема [6].

В режиме параллельной ретрансляции сигналы от наземного пункта управления принимаются группой воздушных ретрансляторов и одновременно передаются (ретранслируются) управляемому объекту (воздушному судну), где осуществляется прием сигналов по параллельным каналам с синфазным сложением мощности.

Суммарный сигнал может быть представлен в виде [6]:

$$P_{c\Sigma} = \frac{N \cdot P_{\text{перс}} \cdot G_{\text{АФАР}} \cdot G_{\text{Апрс}} \cdot \lambda^2}{16\pi^2 \cdot W_{\text{прс}} \cdot \sum_{i=1}^N (D_{\text{лс}i}^2 \cdot W_{\text{с}i})} \quad (2)$$

где  $P_{\text{перс}}$  – мощность передатчика  $i$ -го ретранслятора;  $N$  – количество ретрансляторов;  $G_{\text{АФАР}}$  – коэффициент усиления виртуальной ФАР, состоящей из  $N$  ретрансляторов;  $G_{\text{Апрс}}$  – коэффициент усиления приемной антенны;  $\lambda$  – длина волны;  $D_{\text{лс}i}$  – расстояние между  $i$ -м ретранслятором и приемником линии связи;  $W_{\text{с}i}$  – коэффициент учитывающие дополнительные потери сигнала в  $i$ -м канале ретрансляции сверх потерь при распространении его в свободном пространстве;  $W_{\text{прс}}$  – коэффициент учитывающий потери сигнала в приемнике линии связи.

Как следует из выражения (1) уровень суммарного сигнала в точке приема пропорционален количеству ретрансляторов  $N$ , работающих в режиме параллельной ретрансляции.

Для синфазного сложения сигналов в точке приема необходима синхронизация передатчиков-ретрансляторов, которая может быть обеспечена по цепи обратной связи сигналами управляемого объекта (воздушного судна). На борту ретранслятора синхронизация может обеспечиваться на основе фазовой автоподстройки частоты передатчиков по опорному сигналу, пришедшему по цепи обратной связи от управляемого объекта [6].

### **Заключение**

Предлагаемый способ параллельной ретрансляции сигналов группой БПЛА позволяет за счет синфазного сложения принимаемых сигналов существенно увеличить уровень полезного сигнала на входе приемника, либо увеличить дальность связи.

Реализация и практическое применение воздушных ретрансляторов на БПЛА позволит оперативно развертывать информационные направления на дальностях до 100-300 км, а с использованием 2-6 воздушных ретрансляторов – до 900 км, что повысит помехоустойчивость системы авиационной радиосвязи. Наибольшая эффективность предлагаемого способа обеспечивается применением от 2 до 4 ретрансляторов.

Практическая реализация данного способа возможна при использовании современных малогабаритных радиостанций построенных по принципу SDR и позволит повысить устойчивость сети

авиационной радиосвязи в труднодоступных районах со слабо развитой инфраструктурой.

### Список литературы

1. Боговик, А.В. Эффективность системы военной связи и методы ее оценки / А.В. Боговик, В.В. Игнатов – С.Пб.: ВАС, 2006. – 184 с.
2. Антонюк, Л.Я. Эффективность радиосвязи и методы ее оценки / Л.Я. Антонюк, В.В. Игнатов – С.Пб.: ВАС, 1994. – 124 с.
3. Рябов, А.В. Управление мощностью передающих устройств автоматизированных линий декаметрового радиосвязи. Монография / Е.В. Головченко, А.В. Рябов, М.А. Савельев, П. А. Федюнин – Воронеж: ВАИУ, 2010. – 140 с.
4. Алексеев А.Е. Анализ существующих авиационных радиосетей, перспективы их развития / А.В. Рябов, А.Е. Алексеев // XI Международной НТК «Современное состояние и перспективы развития систем связи и радиотехнического обеспечения в управлении авиацией», 2-3 марта 2022 г. [Текст]: [сб. статей]. – Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2022. С.12-17.
5. Алексеев А.Е. Модель автоматизированной сети авиационной радиосвязи с адаптивным управлением структурно-параметрическим ресурсом [Текст] / А.В. Рябов, А.Е. Алексеев. // Обеспечение боевых действий авиации [Текст] VIII Научно-практическая конференция «Молодежные чтения, посвященные памяти имени Ю.А. Гагарина». [Сб. науч. ст. по мат. докл.] – Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2022.
6. Рябов А.В. Особенности пространственного сложения мощности передатчиков декаметрового диапазона / А.В. Рябов // Телекоммуникации: Ежемесячный производственный, научно-технический, информационно-аналитический, и учебно-методический журнал. – М.: Наука и технологии, 2012. – № 9. – С. 22 – 28.



## **Вероятностный подход к формированию обучающей выборки для классификатора сердечно-сосудистых заболеваний**

О. Х. Аль-Хамами, e-mail: omer\_h\_yahya@ntu.edu.iq

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
Северный технический университет, Мосул, Ирак

**Аннотация.** Независимо от расы или этнической принадлежности храп (апноэ) во сне поражает 5-10 % населения в целом. У пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями (ССЗ). Эти эпидемиологические данные поднимают ряд важных моментов, таких как связь между апноэ во сне и сердечно-сосудистыми заболеваниями. В данной работе представлена методика получения исходных данных для тренировки классификатора состояния здоровья человека (возможные типы сердечно-сосудистых заболеваний), основанного на вероятностном подходе с использованием акустических сигналов дыхания.

**Ключевые слова:** *дыхательные циклы, сердечно-сосудистые заболевания, храп (апноэ), обработка сигналов.*

### **Введение**

Исследователи изучали акустические звуки с целью диагностики различных заболеваний, особенно тех, которые поражают дыхательную систему. Кроме того, они изучили связь между выдохом и вдохом и воздушным потоком, который считается ключевым показателем различных расстройств, таких как апноэ во сне при сердечно-сосудистых заболеваниях или затрудненном глотании. Чтобы ускорить и упростить обследование для врача, многие исследователи искали эффективные методы для определения и классификации фаз дыхания и автоматической оценки воздушного потока.

При регулярном сне активность эфферентных симпатических нервов (СНС) снижается, а тонус блуждающего нерва повышается во время сна без быстрого движения глаз у здоровых людей, что приводит к снижению скорости метаболизма, артериального давления (АД) и частоты сердечных сокращений (ЧСС) [1]. Следовательно, несмотря на то, что сон обычно является стабильным состоянием покоя сердечно-сосудистой системы, эта картина может быть нарушена двумя способами: патологически, будь то в результате прерывистого сна или сокращения общего времени сна, как это очевидно у пациентов с СН или лекарственно-устойчивой гипертензией [2], или обычно, в

результате периодические скачки СНС, АД и ЧСС, характерные для сна с быстрым движением глаз (хотя и составляющие всего 15 % от общего времени сна).

Когда во время сна преодолевается порог апноэ, центральное возбуждение дыхательных мышц прекращается, что приводит к центральному апноэ во сне (CSA). Большую часть времени верхние дыхательные пути (UA) все еще защищены патентом. Несмотря на то, что дыхательные движения находятся в фазе и не сопровождаются ограничением воздушного потока, они либо отсутствуют (апноэ), либо ослаблены пропорционально снижению дыхательной активности (гипопноэ). При сердечной недостаточности проявляется центральное апноэ во сне. Хотя CSA встречается у 1 % населения в целом, он часто встречается у пациентов с СН, фибрилляцией предсердий (ФП) и инсультом [3]. Центральные апноэ возникают при СН из-за врожденной нестабильности системы контроля дыхания. Это возникает в результате стимуляции раздражающих рецепторов блуждающего нерва из-за застойных явлений в легких, вторичных по отношению к увеличению объема левого желудочка (ЛЖ) и давления наполнения [4]. Это рефлекторно усиливает дыхательный драйв, а также за счет повышенной центральной и периферической чувствительности к химиотерапии, а также пробуждения от сна [5]. Целью предлагаемой работы является автоматическое определение фазы дыхания и классификация, чтобы помочь в принятии решения о выявлении некоторых сердечно-сосудистых заболеваний при нарушении дыхания во сне.

## **1. Сбор сигналов**

Были собраны акустические дыхательные сигналы от четырнадцати участников, страдающих нерегулярным сном и различными заболеваниями сердца. Были собраны акустические дыхательные сигналы. пятеро из пациентов были женщинами, и возраст испытуемых варьировался от 55 до 60 лет. Для записи сигналов использовался микрофон, прикрепленный к одежде под лицом. Качество собранных сигналов будет ухудшаться по мере увеличения расстояния. Микрофон был подключен к ноутбуку. Сеансы записи длились по-разному. Десять сигналов были использованы для обучения классификатора машины опорных векторов (SVM), в то время как остальные четыре сигнала использовались для тестирования модели

## **Обработка сигналов**

Сигналы дыхания были записаны, мы использовали ноутбук с Windows 10, программное обеспечение MATLAB R2012a, а для анализа

каждого сигнала использовался высокочувствительный микрофон Samsung. Сигналы были отобраны с частотой дискретизации 44,1 кГц и разделены на несколько кадров (перегородки), поскольку обработка сигналов с использованием определенных подходов проще при работе с короткими кадрами информации, периоды с 600 образцами давали наилучшие результаты. Затем обрамленные сигналы были подвергнуты алгоритму обнаружения голосовой активности (АОГА) (VAD) [6], чтобы разделить сигнал на озвученные и невокализованные сегменты. После разделения сигнала на серию кадров кадры были отправлены на быстрое преобразование Фурье (БПФ) (FFT). Расчет энергии для значений частоты, которые попадают в наименьший целочисленный диапазон, выглядит следующим образом:

$$E_k = \sum_{k=k_1}^{k_2} |X(k)|^2 \quad (1)$$

где  $E_k$  – энергия,  $k_1$  и  $k_2$  - ближайшие целые числа частотных индексов  $k$ , а  $X(k)$  - выборка быстрого преобразования Фурье (FFT). Энергия сигнала вычисляется. Рис. 1 представляет дыхательный сигнал.

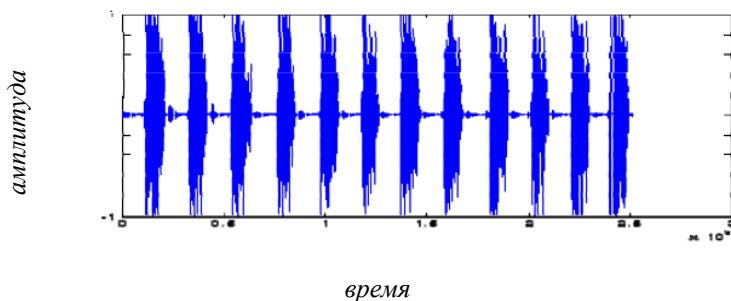


Рис. 1. Сигнал дыхания, записанный с помощью микрофона

## 2. Определение фазы дыхания

Алгоритм определения фазы дыхания использует озвученные периоды акустического сигнала, чтобы определить, является ли это выдохом или вдохом.

Входом после применения алгоритма VAD для различения озвученных и невокализованных периодов сигнала, а также обнаружения выдохов и вдохов. Используя этот метод, нет необходимости оценивать окна с приблизительным временем. У каждой фазы дыхания есть окно. Характеристики в каждом окне были

рассчитаны для определения оптимального метода разделения выделенных вокальных фаз. Сумма значений максимальной амплитуды и количество кадров в каждом окне акустического сигнала представляли особый интерес при анализе фаз дыхания для каждого субъекта (фаза озвучивания). Для этого были обнаружены пики сигнала для каждого кадра. Образцы с более высокими значениями были использованы на этом этапе для представления значения кадра. Затем рассматривалось суммирование этих значений, чтобы различать фазы из-за четких различий между пиковыми значениями выдоха и вдоха.

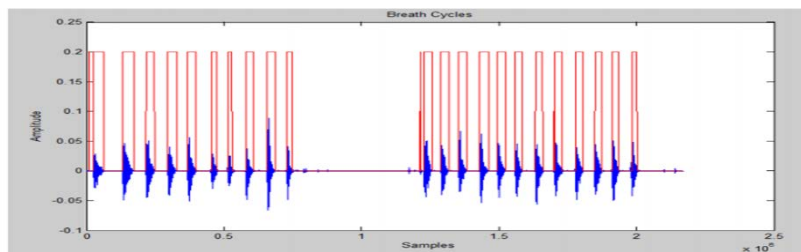


Рис. 2. Назначение периодов вдоха, выдоха и храпа

### Классификация дыхательных циклов

Цель этого раздела – сделать автоматическую классификацию фаз дыхания более понятной. В дополнение к автоматическому определению фаз дыхания рекомендуется автоматизировать весь процесс классификации и ее внедрение, чтобы преодолеть проблемы и ошибки, с которыми сталкивается трудоемкий процесс ручной классификации, а также добиться более точных результатов. По соображениям классификации было использовано много машинных методов. Машина опорных векторов является одним из таких методов (SVM). Значения суммирования и энергия каждого озвученного периода, которые были экстраполированы из алгоритма обнаружения, были предоставлены машине опорных векторов в виде массива признаков, а классы были помечены как (1, -1) для фаз выдоха и вдоха.

### 3. Результаты

Согласно статистическим измерениям эффективности теста бинарной классификации, результаты в таблице I демонстрируют эффективность предложенного метода классификации. Эти особенности привели к высокой степени точности отделения вдохов от выдохов. Алгоритм классификации в этой конструкции специально учитывает сумму пиковых значений и энергетических атрибутов. В таблице

показан результат включения этих факторов в алгоритм классификации для определения фазы сигнала. Статистические параметры True Positive (TP) и True Negative (TN) в этой таблице представляют количество правильно классифицированных выдохов и вдохов соответственно, в то время как статистические параметры False Positive (FP) и False Negative (FN) представляют количество пропущенных выдохов и вдохов соответственно. Для сравнения с результатами классификатора количество фактических дыхательных действий (ABA), фактических выдохов (AEX) и фактических вдохов (AIN) было помечено вручную. Переменные TP, TN, FP и FN затем использовались для генерации значений точности (ACC) и погрешности (ERR). Была получена средняя точность 95,06%.

Таблица

*Результаты классификации дыхательных циклов*

<b>Data</b>	<b>ABA</b>	<b>AEX</b>	<b>AIN</b>	<b>TP</b>	<b>TN</b>	<b>FP</b>	<b>FN</b>	<b>ACC, %</b>	<b>ERR, %</b>
1	19	10	9	9	9	0	1	94.73	5.26
2	16	8	8	8	8	0	0	100	0
3	18	9	9	8	9	0	1	94.44	5.55
4	15	7	8	7	7	1	0	93.33	6.66
5	19	9	10	9	9	1	0	94.73	5.26
6	17	8	9	7	8	1	1	88.23	11.76
7	24	12	12	12	12	0	0	100	0

### **Заключение**

В этом исследовании предложена стратегия улучшения способности диагностировать конкретные проблемы со здоровьем, особенно те, которые связаны с сердечно-сосудистыми заболеваниями, путем получения исходных данных для подготовки классификатора здоровья человека (возможные типы сердечно-сосудистых заболеваний) на основе вероятностного подхода с использованием акустических дыхательных сигналов. нерегулярное дыхание во время сна или воздушного потока, а также те, которые требуют распознавания фаз дыхания. Обнадеживающие результаты предлагаемого способа делают его желательным инструментом для дополнительного диагностического анализа, который требует определения фаз активности дыхательного цикла.

### Список литературы

1. Fink A.M. Autonomic regulation during sleep and wakefulness: a review with implications for defining the pathophysiology of neurological disorders / A.M. Fink, U.G. Bronas, M.W. Calik, // *Clinical Autonomic Research*, 2018. 28(6): p. 509-518.
2. Linz D. Role of autonomic nervous system in atrial fibrillation / D. Linz, A. D. Elliott, M. Hohl, V. Malik, U. Schotten, D. Dobrev, S. Nattel, M.Böhm, J.Floras, D. H. Lau, P. Sanders // *International Journal of Cardiology*, 2019. 287: p. 181-188.
3. Bixler E.O. Effects of age on sleep apnea in men: I. Prevalence and severity. / E.O. Bixler, A N Vgontzas, T Ten Have, K Tyson, A Kales // *American journal of respiratory and critical care medicine*, 1998. 157(1): p. 144-148.
4. Solin P. Influence of pulmonary capillary wedge pressure on central apnea in heart failure / P Solin, P Bergin, M Richardson, D M Kaye, E H Walters, M T Naughton // *Circulation*, 1999. 99(12): p. 1574-1579.
5. Solin P., et al., Peripheral and central ventilatory responses in central sleep apnea with and without congestive heart failure / P. Solin, T. Roebuck, D. P Johns, M. T Naughton // *American journal of respiratory and critical care medicine*, 2000. 162(6): p. 2194-2200.
6. Ma F. Detection and diagnosis of chronic kidney disease using deep learning-based heterogeneous modified artificial neural network / F. Ma, T. Sun, L. Liu, H. Jing // *Future Generation Computer Systems*, 2020. 111: p. 17-26.

## Моделирование состояния тепловыделяющих элементов

М. А. Артемов, email: artemov\_m\_a@mail.ru

Ю. Н. Бабкина, Е. С. Барановский,

Р. Г. Меджидов, Д. И. Соломатин

Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия

**Аннотация.** *Выполнено компьютерное моделирование термоупругопластического состояния цилиндрической трубы с тепловыделяющим внутренним элементом. Расчеты выполнены в рамках теории малых упругопластических деформаций для гладких функций пластичности. Учитывается упругая и пластическая сжимаемость. Результаты вычислений представлены в виде графиков напряжений, деформаций и перемещений.*

**Ключевые слова:** *нелинейное условие пластичности, ассоциированный закон пластического деформирования, температурная зависимость параметров материала, теория малых деформаций, сжимаемое упругопластическое тело.*

### Введение

В последние годы существенно возрос интерес к решению термоупругопластических задач, что обусловлено существенным влиянием температуры на процесс выполнения ряда технологических операций. В большинстве научных статей учитывается температурная зависимость только некоторых параметров материалов, например, предела пластичности [1-9].

Учет температурной зависимости упругих параметров материала [10, 11], а также выбор нелинейных функций пластичности [12], в основном, требует численного решения задач.

### 1. Постановка задачи

Рассматривается составной цилиндр, состоящий из внутреннего цилиндра радиуса  $a$  и внешнего радиусов  $a, b$  ( $b > a$ ). Внутренний цилиндр нагрет до температуры  $T_a$ . На границе  $\rho = b$  поддерживается постоянная температура  $T_b$  и задано давление  $p_b$ . Оба цилиндра имеют одинаковые термомеханические свойства. Необходимо найти поля напряжений, деформаций и перемещений. Для решения задачи

выбирается цилиндрическая система координат  $\rho, \theta, z$ , ось  $z$  которой направлена по оси симметрии цилиндра. На границе  $\rho = b$

$$\sigma_{\rho} |_{\rho=b} = -p_b,$$

$$T |_{\rho=b} = T_b.$$

Все параметры материала зависят от температуры

$$E = E(T), \quad \nu = \nu(T), \quad k = k(T), \quad \alpha = \alpha(T), \quad \kappa = \kappa(T)$$

Принимаются теория малых деформаций и гипотеза естественного состояния. Рассматривается случай плоского деформированного состояния. Для определенности рассматривается следующая аппроксимация параметров материала

$$E = E_0(1 - \delta E \cdot T^2), \quad \nu = \nu_0(1 + \delta \nu \cdot T), \quad k = k_0(1 - \delta k \cdot T^2),$$

$$\alpha = \alpha_0(1 + \delta \alpha \cdot T), \quad \kappa = \kappa_0(1 + \delta \kappa \cdot T).$$

## 2. Безразмерные величины

Все величины приводятся к безразмерному виду. В качестве характерного масштаба напряжений принимается значение предела пластичности на одноосное растяжение. За масштаб длины выбирается значение внешнего радиуса трубы. Масштабная единица измерения температуры равна  $1^\circ\text{C}$ . Для малых деформации определяются величины  $\epsilon$ , где  $\epsilon$  безразмерный модуль Юнга. Для удобочитаемости формул все безразмерные и размерные величины имеют одинаковые обозначения.

## 3. Поле температур

Для рассматриваемых граничных условий стационарное поле температур определяется из решения уравнения

$$\frac{d}{d\rho} \left( \kappa \rho \frac{dT}{d\rho} \right) = 0 \quad (1)$$

При выборе линейной зависимости коэффициента температурного расширения от температуры уравнение имеет аналитическое решение. Поскольку уравнение (1) имеет не единственное решение, то нужное решение выбираем с учетом заданных граничных условий

$$T = \begin{cases} T_a, & 0 \leq \rho \leq b \\ \frac{1 - \sqrt{1 + 2\delta\kappa(C_1 \ln(\rho) + 2C_2)}}{\delta\kappa}, & a \leq \rho \leq b. \end{cases}$$

где



$$C_1 = \frac{2(T_b - T_a) + \delta\kappa(T_a^2 - T_b^2)}{2\ln(a/b)},$$

$$C_2 = \frac{T_a(2 - \delta\kappa T_a)\ln(b) - T_b(2 - \delta\kappa T_b)\ln(a)}{2\ln(a/b)}.$$

Если коэффициент температурного расширения  $\kappa = const$ , то

$$T = \begin{cases} T_a, & 0 \leq \rho \leq b \\ T = \frac{T_a \ln(\rho/b) - T_b \ln(\rho/a)}{\ln(a/b)}, & a \leq \rho \leq b. \end{cases}$$

#### 4. Основные соотношения

Для рассматриваемой осесимметричной задачи уравнение равновесия запишем в виде

$$\rho \frac{d\sigma_\rho}{d\rho} + \sigma_\rho - \sigma_\theta = 0. \quad (2)$$

В случае плоского деформированного состояния соотношения Коши, определяющие деформации через перемещения, имеют вид

$$\varepsilon_\rho = \frac{du_\rho}{d\rho}, \quad \varepsilon_\theta = \frac{u_\rho}{\rho}, \quad \varepsilon_z = 0. \quad (3)$$

Перемещения удовлетворяют условию совместности деформаций

$$\rho \frac{d\varepsilon_\theta}{d\rho} + \varepsilon_\theta - \varepsilon_\rho = 0. \quad (4)$$

Если учитывается тепловое воздействие, то упругие деформации связаны с напряжениями линейными соотношениями Дюамеля-Неймана

$$\begin{aligned} E\varepsilon_\rho^e &= \sigma_\rho - \nu(\sigma_\theta + \sigma_z) + E\alpha T, \\ E\varepsilon_\theta^e &= \sigma_\theta - \nu(\sigma_\rho + \sigma_z) + E\alpha T, \\ E\varepsilon_z^e &= \sigma_z - \nu(\sigma_\theta + \sigma_\rho) + E\alpha T, \end{aligned} \quad (5)$$

Если изначально в упругой области необратимых деформаций нет, то упругие деформации являются полными и, в случае плоской деформации,

$$\varepsilon_z^e = 0 \quad (6)$$

Из третьего равенства (5), учитывая (6), следует, что

$$\sigma_z = \nu(\sigma_\theta + \sigma_\rho) - E\alpha T.$$

## 5. В области с однородным полем температур

Если область  $0 \leq \rho \leq a$  находится в упругом состоянии, то из уравнения равновесия (3) следует, что

$$E = E_0(1 - \delta_E T^2), \quad \nu = \nu_0(1 + \delta_\nu T), \quad \alpha = \alpha_0(1 + \delta_\alpha T), \quad k = k_0(1 - \delta_k T^2). \quad (7)$$

где  $p_a$  – давление на границе  $\rho = a$ . Из соотношений Дюамеля-Неймана, учитывая (2) и (7), получаем

$$E = E_0(1 - \delta_E T^2), \quad \nu = \nu_0(1 + \delta_\nu T), \quad \alpha = \alpha_0(1 + \delta_\alpha T), \quad k = k_0(1 - \delta_k T^2). \quad (8)$$

## 6. Упругая область

Подставив деформаций из соотношений закона Дюамеля-Неймана (6) в условия совместности деформаций (3) и, учитывая уравнение равновесия (2), получим дифференциальное уравнение второго порядка относительно радиальной компоненты тензора напряжений

$$\frac{d^2 \sigma_\rho}{d\rho^2} + S_1 \frac{d\sigma_\rho}{d\rho} - S_2 \sigma_\rho + S_3 = 0 \quad (9)$$

где

$$S_1 = \frac{3}{\rho} - \frac{1}{1 - \nu^2} \frac{d^2 \nu}{d\rho^2}, \quad S_2 = \frac{1 + 4\nu}{(1 - \nu^2)\rho} \frac{d\nu}{d\rho},$$
$$S_3 = \frac{E\alpha T}{(1 - \nu^2)\rho} \frac{d\nu}{d\rho} + \frac{1}{(1 - \nu)\rho} \frac{dE\alpha T}{d\rho}.$$

В упругой области определение всех компонентов напряжений, деформаций и перемещений связано с решением системы (2) – (5), (7) – (9).

## 7. Эквивалентное напряжение

Для оценки напряженного состояния в упругом теле вводится эквивалентное напряжение. При изменении значения внешних параметров (параметров нагрузки), характеризующих внешнее воздействие на рассматриваемый объект, задание эквивалентного напряжения, позволяет рассматривать процесс нагружения, нейтрального нагружения и разгрузки в каждой точке упругой области.

Для упругопластического тела в качестве эквивалентного напряжения в упругой области естественно выбрать функцию пластичности.

## 8. Условие пластичности

Предлагаемый алгоритм решения задачи допускает выбор любого условия пластичности идеального упругопластического тела. Для

определенности, в качестве примера рассматривается однородная функция пластичности:

$$F = \frac{\left( (\sigma_\theta - \sigma_\rho)^{2n} + (\sigma_\theta - \sigma_z)^{2n} + (\sigma_z - \sigma_\rho)^{2n} \right)^{\frac{1}{n}} + \xi(\sigma_\theta + \sigma_\rho + \sigma_z)^2}{\xi + 2} - k^2$$

### 9. Пластическая область

В пластической области деформации определяются суммой упругой и пластической составляющих

$$\varepsilon_\rho = \varepsilon_\rho^e + \varepsilon_\rho^p, \quad \varepsilon_\theta = \varepsilon_\theta^e + \varepsilon_\theta^p, \quad \varepsilon_z = \varepsilon_z^e + \varepsilon_z^p. \quad (10)$$

Упругие деформации определяются через напряжения согласно закону Дюамеля-Неймана (5).

Согласно ассоциированному закону пластического деформирования [8] пластические деформации связаны соотношениями

$$\begin{aligned} \varepsilon_\theta^p &= \frac{\partial F / \partial \sigma_\theta}{\partial F / \partial \sigma_z} \varepsilon_z^p, \\ \varepsilon_\theta^p &= \frac{\partial F / \partial \sigma_\theta}{\partial F / \partial \sigma_z} \varepsilon_z^p, \end{aligned} \quad (11)$$

Из равенства  $\varepsilon_z = \varepsilon_z^e + \varepsilon_z^p = 0$  и соотношений закона Дюамеля-Неймана следует, что

$$\varepsilon_z^p = -\sigma_z + \nu(\sigma_\theta + \sigma_\rho) - E\alpha T.$$

Когда область  $0 \leq \rho \leq a$  находится в пластическом состоянии, то также выполняется равенство (7), а осевое напряжение находится из условия пластичности

$$F(\sigma_\rho, \sigma_\theta, \sigma_z) = 0 \Rightarrow \sigma_z = f(\rho, a, T).$$

Перемещения определяются по формуле

$$u = \rho \varepsilon_\theta \quad (12)$$

Радиус упругопластической границы можно определять, рассматривая разные варианты непрерывности искомых величин на упругопластической границе.

Приведенные соотношения с учетом выбранных граничных условий и условий непрерывности напряжений и перемещений на упругопластической границе позволяют получить численное решение задачи. Можно рассматривать разные алгоритмы решения задачи, но

выбор конкретного не является принципиальным моментом численного решения задачи.

### 10. Алгоритм решения задачи

В центре цилиндра из условия симметрии следует, что

$$\sigma_r|_{\rho=0} = \sigma_\theta|_{\rho=0}.$$

На границе  $\rho = a$  давление  $p_a$  – неизвестная величина, которая определяется в ходе решения задачи из условия непрерывности радиального напряжения.

Если в области  $0 \leq \rho \leq a$  и в области  $a \leq \rho \leq b$  все параметры материала имеют одинаковые значения, то будут выполняться условия непрерывности всех компонентов тензоров напряжений, деформаций и вектора перемещений на границе  $\rho = a$

$$\begin{aligned} [\sigma_r]|_{\rho=a} &= [\sigma_\theta]|_{\rho=a} = [\sigma_z]|_{\rho=a} = 0, \\ [\varepsilon_r]|_{\rho=a} &= [\varepsilon_\theta]|_{\rho=a} = [\varepsilon_z]|_{\rho=a} = 0, \\ [u_r]|_{\rho=a} &= 0. \end{aligned} \quad (13)$$

В случае, когда в указанных областях параметры материала принимают разные значения будут выполняться только следующие условия

$$[\sigma_r]|_{\rho=a} = [\varepsilon_\theta]|_{\rho=a} = [u_r]|_{\rho=a} = 0. \quad (14)$$

Для некоторых частных случаях, например, когда параметры материала не зависят от радиальной координаты, температура нагревателя  $T_a = T_0$ , при которой область  $0 \leq \rho \leq a$  переходит в пластическое состояние определяется аналитически из условия пластичности. В общем случае значение  $T_0$  определяется численно. При выполнении условия  $T_a > T_0$  область  $0 \leq \rho \leq a$  переходит в пластическое состояния, а область  $c \leq \rho \leq b$  остается в упругом состоянии.

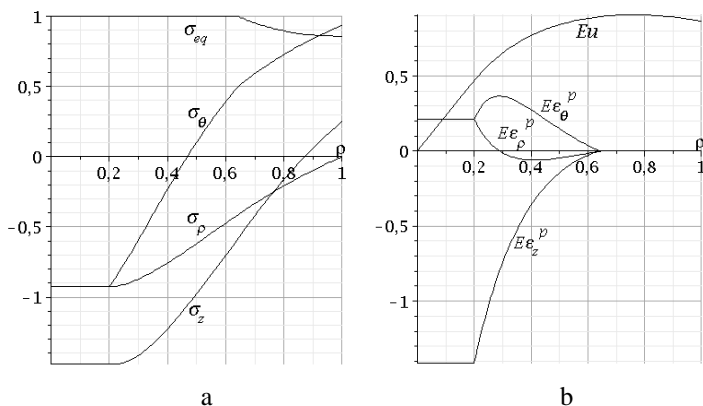
Решение уравнения (9) для радиального напряжения находится численно. На упругопластической границе, радиус которой определяется в ходе решения задачи, должно выполняться условие для эквивалентного напряжения  $\sigma_{eq}|_{\rho=c} = 1$ . Когда на границе  $\rho = b$  задано давление, то  $\sigma_r|_{\rho=b} = -p_b$ . Остальные искомые величины в упругой области вычисляются по приведенным выше соотношениям.

В области пластического состояния искомые величины определяются из решения системы уравнений, которая включает

уравнение равновесия (2), условие пластичности  $F = 0$ , соотношения ассоциированного закона деформирования (8), условия совместности деформаций (4), соотношения Дюамеля-Неймана для упругих деформаций (5), соотношения связи полных упругих и пластических деформаций (10) и выполняемых условий непрерывности (13) или (14) на упругопластической границе и на границе  $\rho = a$ .

### 11. Результаты численного решения задачи

На рисунке показаны графики напряжений, пластических деформаций и перемещений для разных значений параметров материала и температуры. В расчетах принималось, что  $E_0 = 517.5$ ,



*a) компоненты тензора напряжений, b) компоненты тензора пластических деформаций и радиальных перемещений*

*Рисунок. Графики*

### 12. Принятые обозначения

- $\rho r \theta z$  – цилиндрическая система координат,
- $b$  – внешний радиус цилиндра,
- $a$  – внешний радиус цилиндра,
- $E$  – модуль Юнга,
- $\nu$  – коэффициент Пуассона,
- $\alpha$  – коэффициент линейного теплового расширения,
- $\kappa$  – коэффициент температуропроводности,
- $k$  – предел пластичности,
- $T$  – температура,

$p_a, T_a$  – давление и температура на границе  $\rho = a$  ,  
 $p_b, T_b$  – давление и температура на границе  $\rho = b$  ,  
 $\sigma_\rho, \sigma_\theta, \sigma_z$  , – компоненты тензора напряжений,  
 $\varepsilon_\rho, \varepsilon_\theta, \varepsilon_z$  , – компоненты тензора деформаций,  
 $\varepsilon_\rho^p, \varepsilon_\theta^p, \varepsilon_z^p$  , – компоненты тензора пластических деформаций,  
 $u$  – радиальная компонента вектора перемещений.

### Заключение

Предложенный алгоритм решения задачи позволяет выполнять расчеты при выборе любых функций и любой аппроксимации параметров материала, когда учитывается их зависимость от температуры.

### Список литературы

1. Orcan, Y. Elastic-plastic deformation of a centrally heated cylinder / Y. Orcan, U. Gamer // *Acta Mechanica*. – 1991. – Vol. 90. – P. 61–80.
2. Mack, W. Thermal assembly of an elastic-plastic hub and a solid shaft / W. Mack // *Arch. Appl. Mech.* – 1993. – Vol. 63. – P. 42–50.
3. Eraslan, A. Computation of transient thermal stresses in elastic-plastic tubes: Effect of coupling and temperature dependent physical properties / A. Eraslan, Y. Orcan // *Journal of Thermal Stresses*.—2002. – Vol. 25. – P. 559–572.
4. Eraslan, A. Thermal stresses in elastic-plastic tubes with temperaturedependent mechanical and thermal properties / A. Eraslan, Y. Orcan // *Journal of Thermal Stresses*. – 2001. – Vol. 24. – P. 1097–1113.
5. Eraslan, A. N. The strain hardening rotating hollow shaft subject to a positive temperature gradient / A. N. Eraslan, E. Arslan, W. Mack // *Acta Mech.* – 2007. – Vol.194. – P. 191–211.
6. Пластическое течение и разгрузка полого цилиндра в процессе «нагрева-охлаждения». / А. А. Буренин, Е. П. Дац, С.Н. Мокрин, Е. В. Мурашкин // *Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И.Я. Яковлева. Серия: Механика предельного состояния*. – 2013— № 2. – С. 22–28.
7. Дац, Е. П. Технологические температурные напряжения в процессах горячей посадки цилиндрических тел при учете пластических течений / Е. П. Дац, А. В. Ткачева // *Прикладная механика и техническая физика*. – 2016. – Т. 57, № 3. – С. 208–216.
8. Dats, E. On unsteady heat effect in center of the elastic-plastic disk / E. Dats, E. Murashkin // *Lecture Notes in Engineering and Computer Science*. – 2016.— Vol. 2223.—P. 69–72.

9. Dats, E. Calculation of the residual stress field of the thin circular plate under unsteady thermal action / E. Dats, S. Mokrin, E. Murashkin // *Key Engineering Materials*. – 2016. – Vol. 685. – P. 37–41.

10. Jahanian, S. Thermoelastoplastic and residual stresses in a hollow cylinder with temperature-dependent properties / S. Jahanian, M. Sabbaghian // *J. Press. Vessel Techn.* – 1990. – V. 112. – P. 85–91.

11. Orcan, Y., Eraslan, A. N.: Thermal stresses in elastic-plastic tubes with temperature-dependent mechanical and thermal properties / Y. Orcan, A. N. Eraslan // *J. Thermal Stresses*. – 2001. – Vol. 24. – P. 1097–1113.

12. Semka, E. V. Mathematical modeling of rotating disk states / E V Semka, M A Artemov, Y N Babkina, E S Baranovskii and A I Shashkin // Published under licence by IOP Publishing Ltd *Journal of Physics: Conference Series, Applied Mathematics, Computational Science and Mechanics: Current Problems* 11-13 November 2019. –Voronezh, Russian Federation – 2020. – V. 1479. – DOI:10.1088/1742-6596/1479/1/012122

# Моделирование облачных полей с целью обеспечения полетов беспилотных летательных аппаратов

Г. Н. Бакаев, email: bakaev074@gmail.com

И. В. Круссер

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (Воронеж)

**Аннотация.** *В данной работе представлена методика прогнозирования высоты нижней границы облаков на основе комплексного использования метеорологической и радиолокационной информации с целью обеспечения полетов беспилотных летательных аппаратов.*

**Ключевые слова:** *высота нижней границы облаков, метеорологическая и радиолокационная информация, отражаемость, наблюдения.*

## Введение

Несмотря на развитие и оснащение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) и аэродромов современными приборами и оборудованием, низкая облачность накладывает существенные ограничения на деятельность БПЛА, а также значительно усложняет действия операторов на самых ответственных этапах полета БПЛА при выполнении специальных задач. Из-за низкой облачности и связанных с ней погодных явлений постоянно происходят авиационные инциденты.

Поэтому при принятии решения об использовании БПЛА особое внимание уделяется прогнозированию ВНГО.

## 1. Постановка задачи

В настоящее время существует множество способов прогнозирования ВНГО, например, способы А.К. Лугченко, К.Г. Абрамовича, Е.И. Гоголевой, З.А. Спарышкиной и другие. Эти методы основаны на различных эмпирических зависимостях ВНГО от температуры воздуха и температуры точки росы в пункте прогноза. Преимущество данных методы заключается в том, что они позволяют с достаточной степенью точности прогнозировать ВНГО с заблаговременностью до 24 часов. Недостатком этих методов является трудоемкий процесс определения исходных данных и необходимость



адаптации их к местным условиям.

Данные обстоятельства заставляют вести поиск новых методов прогноза ВНГО, обладающих достаточной эффективностью и свободных от указанных недостатков.

Современные достижения в области радиофизики и радиоэлектроники позволили осуществлять широкое внедрение дистанционных методов исследования атмосферы с помощью электромагнитных волн в практике гидрометеорологического обеспечения безопасности полетов авиации. Решить задачу пространственно-временного восстановления ВНГО можно, используя информацию, получаемую от метеорологических радиолокационных станций.

В этой связи в работе необходимо было решить следующие задачи:  
рассмотреть связь водности облаков с их высотой;

определить связь радиолокационной отражательной способности с водностью облаков;

на основе полученных зависимостей найти связь ВНГО с радиолокационной отражательной способностью;

построить прогностические зависимости и проверить успешность разработанного способа прогноза ВНГО.

## 2. Разработка методики прогноза ВНГО

В целом, практике исследований, структура облачных зон описывается несколькими интегральными параметрами: водностью, удельной энергией, радиолокационной отражаемостью (радиолокационной отражательной способностью), концентрацией облачных частиц. Все они взаимосвязаны и поэтому, с практической точки зрения, целесообразно выбрать параметр, который достаточно просто и надежно измеряется как в атмосфере, так и вблизи поверхности земли. В качестве этого параметра, удовлетворяющего вышеуказанным требованиям, удобно использовать отражательную способность облаков  $Z$ . Радиолокационная отражаемость – это специфическая характеристика метеорологической цели, определяющая ее отражающие свойства. Она является количественной мерой связи мощности отраженных радиолокационных сигналов с микрофизическими свойствами метеоцели. В простейших случаях, когда отражение электромагнитных волн происходит от сферических частиц, размеры которых много меньше длины волны, радиолокационная отражаемость выражается соотношением [1]:

$$Z_r = \left| \frac{m^2 - 1}{m^2 + 2} \right|^2 \sum_{i=1}^N N(r_i) r_i^6, \quad (1)$$

где  $r_i$  – радиус частицы;  $N(r_i)$  – концентрация частиц, имеющих размеры  $r_i$ ;  $m$  – комплексный коэффициент преломления электромагнитных волн веществом частицы;  $\left| \frac{m^2 - 1}{m^2 + 2} \right|^2$  – множитель, определяющий агрегатное состояние вещества и равный 0,96 для воды и 0,16 для льда.

Так как  $N(r_i)$  – непрерывная функция, связанная с дифференциальным законом распределения частиц по размерам  $W(r)$  (плотностью вероятности распределения частиц по размерам) следующим соотношением:

$$N(r_i) = N_0 W(r), \quad (2)$$

где  $N_0$  – концентрация частиц, тогда выражение для радиолокационной отражаемости записывается в интегральном виде:

$$Z_r = \left| \frac{m^2 - 1}{m^2 + 2} \right|^2 N_0 \int_{r_{\min}}^{r_{\max}} r^6 W(r) dr, \quad (3)$$

Соотношение (3) выражает  $Z$  через плотность вероятности распределения частиц по размерам. На основании (3) можно утверждать, что радиолокационная отражаемость пропорциональна концентрации частиц и шестому начальному моменту их распределения. Аналогичным образом можно получить выражение для водности облаков в интегральной форме:

$$W = \frac{4}{3} \pi \rho N_0 \int_0^{\infty} f(r) r^3 dr, \quad (4)$$

где  $\rho$  – плотность гидрометеорных частиц;  $f(r)$  – функция распределения частиц по размерам.

Анализируя соотношения (3) и (4), можно прийти к заключению, что по измеренным значениям радиолокационной отражаемости  $Z$  можно, зная закон распределения частиц по размерам  $f(r)$  и плотность частиц, восстановить значения водности облаков. Вместе с тем, существуют выражения, устанавливающие связь водности облаков с их высотой:

$$\frac{W_0(z)}{S} = \left( 1 - \frac{z}{H^*} \right) \exp \left( -\frac{H}{B} \frac{z}{H^*} \right), \quad (5)$$

где  $W_0(z)$  – водность облаков;  $S_k$  – доля насыщенного пара на уровне

нижней границы облаков;  $H^*$  – превышение тропопаузы над нижней границей облака;  $B$  – коэффициент, учитывающий температуру на нижней границе облаков  $T_k$  и вертикальный градиент температуры  $\gamma$ .

Зависимость отношений  $\frac{W_0(z)}{S}$  от  $\frac{z}{H^*}$  при различных  $\frac{H^*}{B}$  представлена на рис. 1.

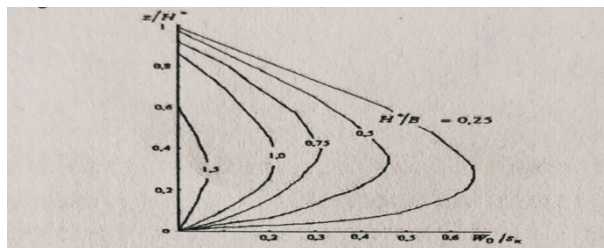


Рис. 1. Распределение удельного содержания воды по высоте

Таким образом, зная  $f(r)$ , можно установить связь радиолокационной отражательной способностью с водностью облаков и, следовательно, с высотой их нижней границы. Основываясь на физических предпосылках существования такой связи, разработана методика расчета высоты нижней границы облаков с использованием радиолокационной информации и данных метеорологических наблюдений.

При разработке прогностического метода в качестве предварительного перечня предикторов были привлечены температура воздуха, точки росы, относительная влажность и данные радиолокационных наблюдений, в качестве которых использовался  $lg z_1$ .

Путем расчетов с применением стандартных статистических пакетов был получен ряд прогностических уравнений, позволяющих рассчитать ВНГО. Были определены ошибки каждого уравнения. В результате было выбрано наилучшее уравнение, в качестве предикторов в котором используются значения температуры точки росы и логарифма отражательной способности:

$$H = 0,8Td + 465,5 \times \lg z_1 - 120,3, \quad (6)$$

где  $Td$  – температура точки росы,  $\lg z_1$  – десятичный логарифм радиолокационной отражательной способности на высоте 1 км. Для

оценки эффективности прогностического уравнения в соответствии с [2] были рассчитаны следующие статистические характеристики: средняя абсолютная ошибка прогноза  $\delta = 0,07 \text{ км}$ ; средняя относительная ошибка прогноза  $\varepsilon = 0,08 \text{ км}$ ; средняя арифметическая (систематическая) ошибка прогноза  $a = 0,06 \text{ км}$ ; средняя квадратичная ошибка прогноза  $\sigma = 0,26 \text{ км}$ .

### **Заключение**

Таким образом, полученное уравнение обладает достаточной степенью точности и является простым, что позволяет рекомендовать его в качестве прогностического при определении высоты нижней границы облаков.

Методика применения разработанного прогностического уравнения заключается в следующем.

1. При обнаружении радиолокационными комплексами засветок от облачных систем, определяется направление и скорость их смещения, а также изменение радиолокационной отражательной способности за единицу времени.

2. При удалении засветок, равном 50 км от пункта прогноза, снимаются значения логарифма радиолокационной отражательной способности и температуры точки росы в пункте прогноза.

3. Подставляя найденные значения предикторов в прогностическое уравнение, значение логарифма радиолокационной отражательной способности – с учетом изменения его во времени определяется значение ВНГО.

### **Список литературы**

1. Билетов М.В. Радиолокационная метеорология, часть 1. Основы радиолокационной метеорологии / М.В. Билетов, А.И. Тищенко, И.Е. Кузнецов // М.: Военное издательство, 2008. С. 75-90.

2. Методические указания. Руководящий документ. Проведение производственных (оперативных) испытаний новых усовершенствованных методов гидрометеорологических и гелиогеофизических прогнозов. М.: Комитет по гидрометеорологии, 1991, 151 с.

## Автоматизированный расчет и представление специализированных климатических показателей

В. С. Балакин, e-mail: balakin69vs@mail.ru<sup>1</sup>

Ю. В. Шипко, e-mail: yshipko@mail.ru<sup>1</sup>

О. В. Колычев, e-mail: ok.home@mail.ru<sup>1</sup>

Л. Н. Костылева, e-mail: kostyleva12@yandex.ru<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ЦНИИ ВВС (Минобороны России)

<sup>2</sup> ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского  
и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

**Аннотация.** *Рассматривается программный комплекс автоматизированного расчета и графического отображения специализированных климатических показателей, необходимых при составлении авиационно-климатических описаний и справок районов аэродромов государственной и гражданской авиации.*

**Ключевые слова:** *климатический показатель, авиационно-климатическое описание, высота нижней границы облаков, форма облачности, роза ветров.*

### Введение

В число задач метеорологической службы Военно-воздушных сил входит изучение и обобщение авиационно-климатических характеристик районов полетов и их влияния на выполнение задач государственной авиации. Метеорологические подразделения разрабатывают (в соответствии с требованиями [1, 2]) авиационно-климатические описания (АКО) и справки (АКС) района аэродрома, базирования, авиатрасс, которые являются справочным пособием, предназначенным для учета местных климатических особенностей при планировании полетов и проведении других мероприятий.

При разработке АКО метеорологическое подразделение сталкивается с необходимостью статистической обработки большого объема первичной (многолетней) метеорологической информации. Трудоемкость процесса обработки многомерных массивов данных и расчета специализированных показателей снижает оперативность получения результатов, повышает вероятность появления различного рода ошибок. Разрешить данное противоречие предполагается путем автоматизации расчета и графического отображения авиационно-климатических характеристик. При этом необходимо обеспечить

возможность автономной работы оперативно-прогностического органа (подразделения) по анализу климатической информации, не зависящей от глобальных сетей передачи данных.

Цель работы – повышение качества метеорологического обеспечения полетов государственной и гражданской авиации путем разработки программного обеспечения автоматизированного составления АКО, АКС в части расчета и представления специализированных показателей приземного слоя атмосферы в заданном районе аэродрома.

## **1. Исходный материал**

Исходным материалом для выявления влияния местных климатических особенностей района аэродрома используются инструментальные наблюдения над параметрами приземного слоя атмосферы, дневники погоды с записью метеорологических наблюдений и др. В данной работе в качестве входной информации приняты файлы данных следующих источников:

1. сети наблюдений Росгидромета по метеорологическим станциям на территории Российской Федерации (массивы в коде КН-01 SYNOP содержат данные восьмисрочных наблюдений в стандартные синоптические сроки с интервалом в 3 часа, включают 90 параметров, в том числе признаки качества, коды явлений погоды и др.) [3];

2. архивов наземных метеостанций компании «Расписание погоды» (РП), (Россия, Санкт-Петербург; имеет лицензию на деятельность в области гидрометеорологии и в смежных с ней областях, представляет информацию по станциям 243 стран мира) [4];

3. дневников погоды аэродромов (АВ-6), ведущихся в метеорологических подразделениях государственной авиации [1].

В каждом варианте записи данных архивных файлов имеют свои особенности представления, например, многие количественные величины файлов РП записываются в текстовом формате. Разработанный программный комплекс предусматривает различия массивов исходных данных используемых источников.

Необходимое требование: обобщенные архивные файлы данных по определенной метеорологической станции формируются в формате \*.csv и включают записи по стандартным срокам за максимально возможный период наблюдений (последних двух-трех десятилетий), но не менее чем за 5 лет [1], за все месяцы каждого года.

## **2. Структура программного комплекса**

Программный комплекс автоматизированного расчета авиационно-климатических показателей написан на языке Python, имеет два варианта: для операционных систем Windows и AstraLinux.

Согласно требованиям Руководства по практическим работам метеорологических подразделений авиации [1] предусмотрен расчет различных авиационно-климатических показателей по месяцам:

- облачности;
- дальности видимости;
- повторяемости условий погоды различной степени сложности (сочетаний определенных градаций высоты нижней границы облаков и градаций дальности видимости);
- осадков;
- явлений погоды;
- ветра у земли;
- температуры воздуха у земли;
- влажности воздуха;
- температуры точки росы;
- снежного покрова (при наличии данных).

Результаты расчетов представляются в табличном и графическом виде, на экране и в файле документа.

Структура разработанного комплекса представлена на рис. 1, где введены обозначения: 1, 2, 3 – источники (файлы) данных (соответственно Росгидромета, РП, дневников погоды); 4 – модуль переключения источника данных; 5, 6, 7 – модули, преобразующие входные данные во внутренний формат данных; 8 – модуль функций преобразования внутренних данных в расчетные величины по каждому показателю; 9 – модуль отображения расчетных данных на мониторе (10) и в файле документа (11) формата \*.docx.

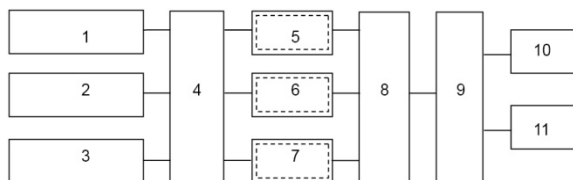


Рис. 1. Структурная схема программного комплекса

Для удобства работы оператора программный комплекс расчета специализированных показателей имеет «оконный» интерфейс.

После загрузки файла данных – многолетней выборки по определенной метеостанции (рис. 2а), дается информация о выборке (с указанием идентификационного номера метеостанции), активизируется клавиша ввода входного параметра – расчетного месяца (рис. 2б).

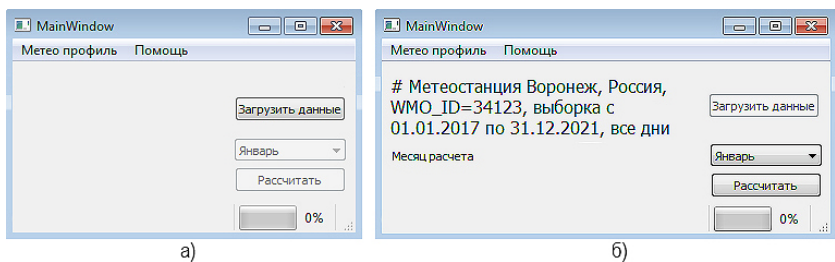


Рис. 2. Оконный интерфейс программного комплекса: а – окно загрузки файла данных; б – окно выбора определенного месяца и начала расчета показателей

Оконный интерфейс написан с помощью библиотеки PyQt5, поэтому для представления графиков и диаграмм в окне программы имеются два вспомогательных модуля – для отображения информации в форме прямоугольной и полярной системах координат (рис. 3).

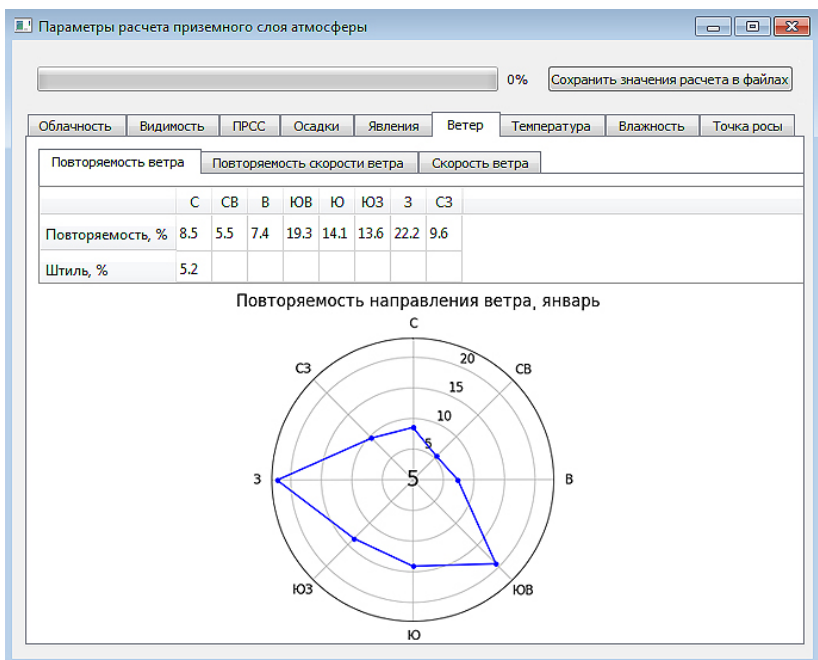


Рис. 3. Окно выбора расчетного параметра (активирован показатель ветрового режима – роза ветров)



### 3. Результаты работы программного комплекса

Примеры отображения графической информации при работе программного комплекса представлены на рис. 4–9.

Например, расчет среднего числа ясных и пасмурных дней и ночей производится путем обработки данных за восемь сроков (0, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21 ч) по местному времени. При этом ясным считается такой день (ночь), когда сумма баллов облачности за четыре дневных срока – 9, 12, 15, 18 ч (ночных – 21, 0, 3, 6 ч) – не превышает 12; пасмурным считается день (ночь), когда сумма баллов облачности за указанные четыре срока составляет не менее 32 (рис. 4).

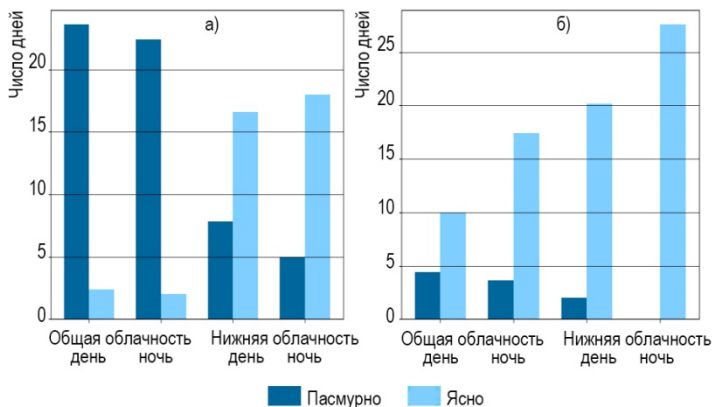


Рис. 4. Среднее число ясных и пасмурных дней/ночей (Валуйки, 2017–2021): а – январь; б – июль

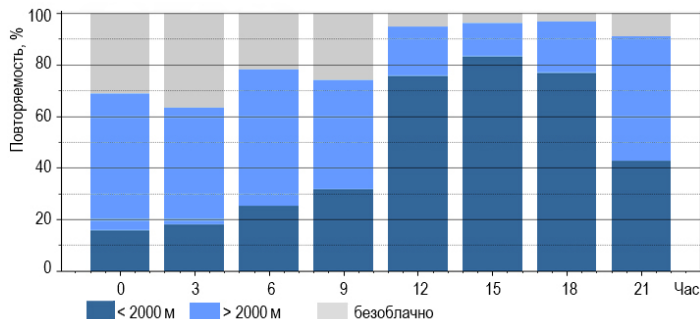


Рис. 5. Суточный ход повторяемости нижней границы облачности (Воронеж, июль, 2017–2021)

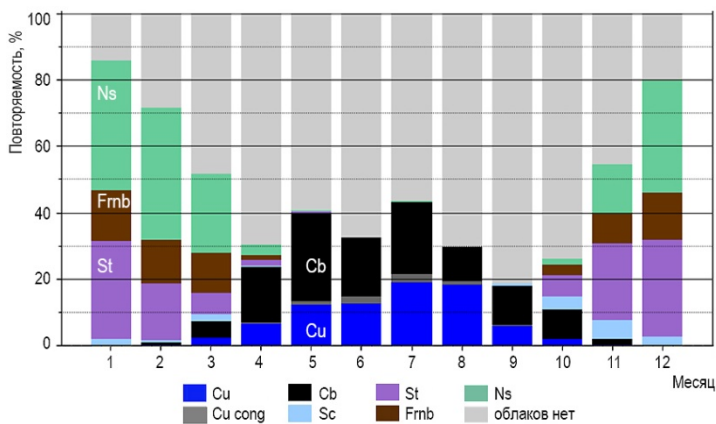


Рис. 6. Повторяемость форм облаков нижнего яруса и вертикального развития по месяцам (Валуйки, 2017–2021)

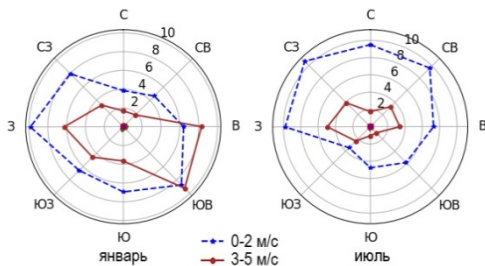


Рис. 7. Скоростная роза ветров (Валуйки, 2017–2021)

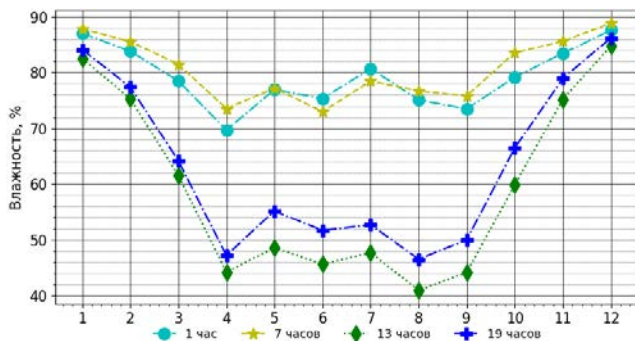


Рис. 8. Годовой ход влажности воздуха (Валуйки, 2017–2021)

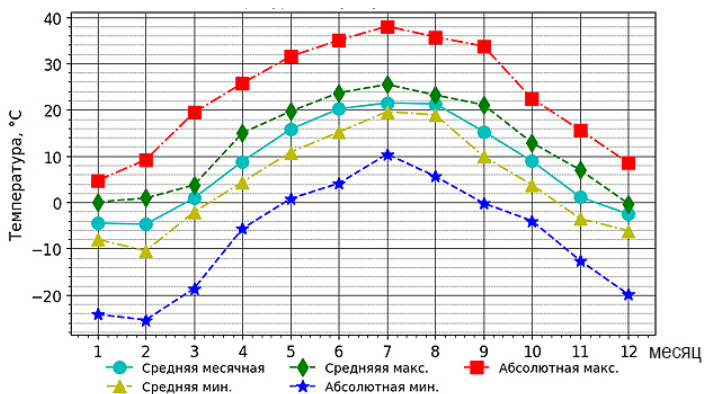


Рис. 9. Отображение годового хода климатических показателей температурного режима (Воронеж, 2017–2021)

### Заклучение

Эффективность созданного программного комплекса заключается в повышении качества расчетов при составлении АКО и АКС, в увеличении их достоверности, в уменьшении трудоемкости и повышении производительности процесса подготовки и анализа данных. Учет многолетней климатологической информации в районах базирования и маршрутов полетов при моделировании и планировании мероприятий, связанных с применением авиационной техники, обеспечивает безопасность полетов государственной и гражданской авиации.

### Список литературы

1. Руководство по практическим работам метеорологических подразделений авиации Вооруженных Сил. – М.: Военное издательство, 1992. – 488 с.
2. Руководящий документ РД 52.21.692–2007: Требования к составлению климатического описания аэродрома. – М.: Росгидромет, 2007. – 38 с.
3. Код для оперативной передачи данных приземных метеорологических наблюдений с сети станций Росгидромета (КН-01 SYNOP). – М.: Росгидромет, 2012. – 78 с.
4. Расписание погоды [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.rp5.ru](http://www.rp5.ru) (дата обращения 2022-04-10).

## Средние характеристики направленности антенн размещенных на подвижных объектах

Беляев Ю.М., Матейко В.В. e-mail: vicvm@mail.ru

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»  
(г. Воронеж)

**Аннотация.** В статье рассматривается влияния вибраций излучающих структур, размещенных на подвижных объектах, на их средние параметры излучения и характеристики направленности.

**Ключевые слова:** неоднородности среды распространения, амплитудно - фазовое распределение, дисперсия фазовых ошибок, коэффициент корреляции ошибок, средние характеристики антенны.

### Введение

Ограниченные размеры апертур антенн размещенных на подвижных объекта – самолетах, кораблях и т.п., и работа на сравнительно высоких частотах, как правило, позволяла с некоторыми ограничениями считать искажения фронта волны локальными неоднородностями земной атмосферы на трассе распространения незначительным, а амплитудно - фазовое распределение (АФР) детерминированной величиной (функцией).

Однако с увеличением мощностей сигналов, дальности действия, сложности решаемых задач это делать становится все труднее. Здесь главной причиной является то, что при вибрациях антенны эффективные поперечные размеры источника, участвующие в излучении, заметно увеличиваются рис. 1, и поле волны, принимаемой ограниченной апертурой, уже невозможно не считать случайной величиной.

На рис. 1  $\rho = (x, y)$  – поперечные координаты источника излучения при отсутствии вибраций;  $\rho' = (x', y')$  – эффективные поперечные координаты источника при вибрациях;  $\rho_0 = (x_0, y_0)$  – поперечные координаты точки наблюдения.

Изменение эффективных размеров источника излучения в свою очередь приводит к изменению вида корреляционной функции комплексной фазы. Для ее определения подходит метод плавных возмущений (МПВ) [1].

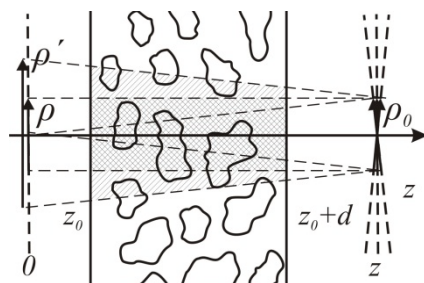


Рис. 1. Случайные неоднородности среды на трассе распространения

Используя этот метод вибрации антенн можно пересчитать в корреляционную функцию комплексной фазы, определить коэффициенты и радиусы корреляции амплитудных и фазовых ошибок фронта волны прошедшей турбулентную атмосферу.

### 1. Средние характеристики антенны

Обращаясь к анализу случайного набегу фазы  $\psi(x, t)$ , вызванного вибрациями антенны, заметим, что случайные неоднородности коэффициента преломления в земной атмосфере характеризуются широким набором масштабов – от внутреннего масштаба  $l_0$  до внешнего  $L_0$ , который, как правило, значительно превышает размеры реальных антенных систем. Крупномасштабные неоднородности вызывают сравнительно плавное изменение фазы вдоль раскрыва, а мелкомасштабные неоднородности ответственны за «рябь», налагающуюся на плавное изменение. В результате отдельные реализации фазы  $\psi(x, t)$  вдоль оси  $x$  выглядят (при фиксированном  $t$ ) так, как показано на рис. 2.

Рассмотрим средние характеристики линейной антенны со случайными фазовыми ошибками, вызванные вибрациями антенны. Расчеты показывают, что в этом случае флуктуации могут быть немалыми, а соотношение между радиусом корреляции флуктуаций и размерами антенны может быть произвольным. Исходя из выше изложенного, анализ проводится при следующих допущениях:

- ошибки распределены нормально,
- амплитуда источников и дисперсия фазовых ошибок постоянны вдоль системы,
- коэффициент корреляции ошибок имеет гауссову форму.

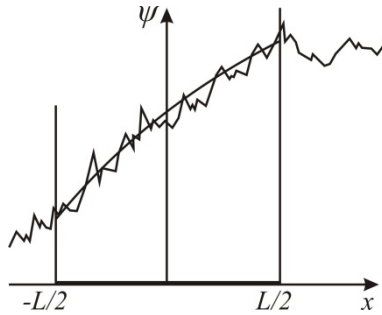


Рис. 1. Реализации фазы вдоль апертуры антенны (оси  $x$ )

Выражение для средней диаграммы направленности (ДН) по мощности получим, полагая в соотношении для коэффициента корреляции фазовых ошибок [2]

$$\overline{f(\psi)^* f(\psi_1)} = e^{-\sigma_{\varphi 0}^2} \left[ \frac{\sin \psi}{\psi} \frac{\sin \psi_1}{\psi_1} + \frac{1}{4} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{(\pm 1)^m \sigma_{\varphi 0}^{2m}}{m!} I(c_m, \psi, \pm \psi_1) \right] \quad (1)$$

значение  $\psi_1 = \psi$ . Тогда

$$\overline{|f(\psi)|^2} = e^{-\alpha} \left[ \left( \frac{\sin \psi}{\psi} \right)^2 + \frac{1}{4} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{\alpha^m}{m!} I(c_m, \psi, \psi) \right] \quad (2)$$

где  $\alpha = \alpha_0^2$  – дисперсия ошибок;  $c_m = \frac{2\rho_{\varphi}}{L}$  – радиус корреляции в относительных единицах;  $x = \frac{2z}{L}$  – относительная координата;

$\psi = \frac{\pi L}{\lambda} \sin \theta$  – обобщенный угол.

$$I(c_m, \psi, \psi) = \int_{-1}^{+1} \int e^{-\frac{(x-x_1)^2}{c_m^2} + j\psi(x-x_1)} dx dx_1 \quad (3)$$

В выражении (2) первое слагаемое в квадратных скобках описывает ДН антенны в отсутствие ошибок, а второе – характеризует искажение формы диаграммы при наличии ошибок, обусловленных влиянием вибрации антенны.

Если же в (2) раскрыть скобки, то первое слагаемое представляет собой квадрат модуля среднего поля  $\overline{|f(\psi)|^2}$ , а второе – дисперсию

флуктуации поля  $\overline{|\Delta f(\psi)|^2}$ . Как видно из (2), основу вычисления средних ДН составляет расчет интеграла (3). На рис. 3, представлены результаты расчета функции  $I(c, \psi, \psi)$  при различных значениях радиуса корреляции ошибок.

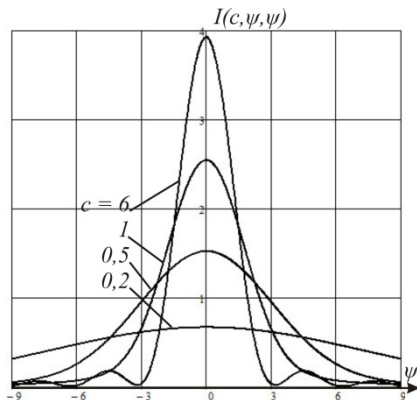


Рис. 2. График функции  $I(c, \psi, \psi)$  при различных значениях  $c$ .

Не останавливаясь на представлении средних ДН и зависимостей величины средней мощности, излучаемой в направлении главного максимума  $\overline{|f(0)|^2}$  для широкого ряда значений статистических параметров  $\alpha$  и  $c$ , рассмотрим ряд важных частных случаев, для которых выражение (2) упрощается. Ниже рассмотрены четыре таких случая: а) ошибки малы, б) ошибки велики, в) радиус корреляции ошибок много меньше длины антенны, г) радиус корреляции ошибок много больше длины антенны.

## 2. Ошибки малы ( $\alpha \ll 1$ )

Если ошибки малы, то в выражении (2) можно ограничиться лишь первым членом суммы. При этом получаем

$$\overline{|f(\psi)|^2} = \left( \frac{\sin \psi}{\psi} \right)^2 (1 - \alpha) + \frac{1}{4} \alpha I(c, \psi, \psi) \quad (4)$$

Как видно, отличие средней ДН от диаграммы в отсутствие ошибок характеризуется двумя слагаемыми. Первое –  $\alpha \left( \frac{\sin \psi}{\psi} \right)^2$

пропорционально диаграмме в отсутствие ошибок; второе, представляющее больший интерес,  $\frac{1}{4}\alpha I(c, \psi, \psi) = \overline{|\Delta f(\psi)|^2}$ , описывает угловое распределение рассеянной из-за наличия ошибок мощности и определяет искажение формы ДН.

Как видно, при малых  $c$  величина  $I(c, \psi, \psi)$  невелика и «направленные свойства» этой функции выражены слабо. Ограничиваясь при  $c \ll 1$  первым членом асимптотического разложения по  $c$  имеем  $I(c, \psi, \psi) \approx 2\sqrt{\pi}c = 4\sqrt{\pi}\frac{\rho}{L}$ .

Таким образом, при  $\rho \ll L$ , т. е. при  $c \leq 1$  второе слагаемое представляет собой почти постоянный фон бокового излучения. Величина этого фона при заданной величине дисперсии ошибок определяется отношением радиуса корреляции ошибок к длине системы. При увеличении радиуса корреляции величина и «направленность» функции  $I(c, \psi, \psi)$  увеличиваются.

В пределе при  $c \rightarrow \infty$  величина

$$\frac{1}{4}\alpha I(c, \psi, \psi) \rightarrow \alpha \left( \frac{\sin \psi}{\psi} \right)^2$$

и 
$$\overline{|f(\psi)|^2} \rightarrow \left( \frac{\sin \psi}{\psi} \right)^2 = f_0^2(\psi)$$

### 3. Ошибки велики ( $\alpha \gg 1$ )

Используем выражение для средней диаграммы по мощности, которое чаще всего используют в литературе по статистике антенн [2]

$$\overline{|f(\psi)|^2} = \frac{1}{4} \int_{-1}^{+1} \int_{-1}^{+1} e^{-i\alpha[1-r]} e^{i\psi(x-x_1)} dx dx_1 \quad (5)$$

Так как  $\alpha \gg 1$ , то в этом интеграле основной вклад определяется областью изменения  $x$  и  $x_1$ , для которой  $1-r \leq 1/\alpha \ll 1$ , т. е.  $r \approx 1$ . Учитывая это, запишем коэффициент корреляции в виде

$$r = e^{-\frac{(x-x_1)^2}{c^2}} \approx 1 - \frac{(x-x_1)^2}{c^2} \quad (6)$$

Чем меньше  $c$ , тем меньше допустимая область изменения  $(x-x_1)$ , т. е. тем больше должна быть величина  $\alpha$ . Используя (6), имеем



$$\overline{|f(\psi)|^2} = \frac{1}{4} \int_{-1}^{+1} \int_{-1}^{+1} e^{-i\alpha \frac{(x-x_1)^2}{c^2} + i\psi(x-x_1)} dx dx_1 = \frac{1}{4} I(c_\alpha, \psi, \psi), \quad (7)$$

где  $c_\alpha = c / \sqrt{\alpha}$ .

Соотношение (7) показывает, что при больших ошибках средняя ДН описывается той же функцией, что и рассеянное излучение при малых ошибках. Следовательно, средняя ДН антенны также характеризуется рис. 3. При этом необходимо заменить  $c$  на  $c_\alpha$ .

#### 4. Радиус корреляции много меньше длины системы ( $c \ll 1$ )

В этом случае для расчета в соотношение (1) величин  $I(c_m, \psi, \psi)$  можно вместо (2) использовать асимптотическое выражение [2]

$$I(c, \psi, \psi) \approx 2ce^{-\frac{\psi^2 c^2}{4}} - c^2 \left[ 1 - \psi c F\left(\frac{\psi c}{2}\right) \right]. \quad (8)$$

При  $\frac{\psi c}{2} \leq 1,5$  можно в (5) ограничиться первым слагаемым, т. е. принять

$$I(c, \psi, \psi) \approx 2\sqrt{\pi} ce^{-\frac{\psi^2 c^2}{4}}. \quad (9)$$

При этом

$$\overline{|f(\psi)|^2} = e^{-\alpha} \left[ \left( \frac{\sin \psi}{\psi} \right)^2 + \frac{\sqrt{\pi} c}{2} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{\alpha^m}{m! \sqrt{m}} e^{-\frac{\psi^2 c_m^2}{4}} \right]. \quad (10)$$

Расчет средней диаграммы по формуле (10) достаточно прост.

#### 5. Радиус корреляции ошибок много больше длины системы ( $c \gg 1$ )

При  $c \gg 1$  соотношение (6) можно использовать при любом  $\alpha$ . Средняя ДН выражается соотношением (7). Последнее, таким образом, пригодно как при больших ошибках, так и при больших радиусах корреляции. В обоих случаях  $c_\alpha$  может быть произвольным.

#### Список литературы

1. Кравцов, Ю. А. Прохождение радиоволн через атмосферу / Ю. А. Кравцов, З. И. Фейзулин, А. Г. Виноградов. – М.: Радио и связь, 1983. – 224 с.
1. Шифрин, Я. С. Вопросы статистической теории антенн / Я. С. Шифрин. – М.: Сов. радио, 1970. – 384 с.

## **Компьютерное моделирование и анализ характеристик приема и рассеяния сигналов щелевыми антенными решетками мобильных радиоэлектронных комплексов**

Д. Н. Борисов<sup>2</sup>, e-mail: borisov@sc.vsu.ru,  
С. Н. Разиньков<sup>1</sup>, e-mail: razinkovsergey@rambler.ru,  
А. В. Богословский<sup>1</sup>, e-mail: bogoslovdrej@yandex.ru

<sup>1</sup> Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А.

Гагарина» (г. Воронеж)

<sup>2</sup> Воронежский государственный университет

**Аннотация.** *С использованием компьютерной программы электродинамического моделирования CST MWS – Computer Simulation Technology Microwave Studio исследованы характеристики приема и рассеяния сигналов щелевыми антенными решетками мобильных радиоэлектронных комплексов. Проведен анализ диаграмм направленности и рассеяния решеток прямоугольных щелей на несущих металлизированных и диэлектрических поверхностях малогабаритных носителей. Исследованы закономерности изменения показателей пространственно-частотной избирательности приема и вторичного излучения сигналов при различных параметрах конструкций решеток, формах и отражательных свойствах несущих поверхностей.*

**Ключевые слова:** *Мобильный радиоэлектронный комплекс, щелевая антенная решетка, диаграмма направленности, диаграмма обратного рассеяния, компьютерная программа электродинамического моделирования.*

### **Введение**

Основные направления совершенствования радиоэлектронных комплексов связаны с созданием образцов, подлежащих размещению на малогабаритных носителях воздушного базирования. Такие комплексы обладают высокими показателями мобильности, шириной зон действия, обусловленной дальностью прямой видимости при подъеме над земной поверхностью [1], и малыми эксплуатационными затратами вследствие отсутствия необходимости применения с аэродромов.

Ввиду ограничений на массогабаритные характеристики целевых нагрузок воздушных объектов традиционные технологии, используемые для повышения отношения сигнал-шум в каналах приемных устройств

на малошумящих усилителях со схемами согласования приемных структур на сосредоточенных элементах с коммутационными  $p$ - $i$ - $n$  диодами [2, 3], не позволяют достичь уровней, требуемых для реализации оптимальных алгоритмов обработки сигналов.

Поэтому важнейшим компонентом работ по созданию мобильных радиоэлектронных комплексов является разработка приемоизлучающих структур, обеспечивающих избирательный прием и усиление сигналов, а также пространственно-частотную селекцию помех. Поиск технических решений по выполнению эффективного приема сигналов проводится при ограничениях на интенсивность их вторичного излучения, нарушающего электромагнитную совместимость бортовых радиоэлектронных средств и являющегося причиной появления демаскирующих признаков [4, 5] для обнаружения комплексов системами контроля воздушного пространства.

Характеристики приема и рассеяния сигналов могут быть найдены по результатам электродинамического моделирования с применением компьютерных программ численного решения краевых задач и расчета компонентов электромагнитного поля [6, 7].

В предлагаемой работе с использованием компьютерной программы электродинамического моделирования CST MWS – Computer Simulation Technology Microwave Studio [6] проведен анализ диаграмм направленности (ДН) и рассеяния (ДР) антенных решеток прямоугольных щелей на плоских экранах из идеально проводящего и диэлектрического материала. Выбор щелевых решеток обусловлен формами элементов, встраиваемыми в корпуса, что позволяет сохранить характеристики мобильности носителей при размещении нагрузок на их бортах.

Цель работы – исследование закономерностей изменения ДН и ДОР приемоизлучающих структур при различных параметрах конструкций, формах и электрофизических свойствах несущих поверхностей.

### **1. Теоретические основы компьютерного моделирования приемоизлучающих структур радиоэлектронных комплексов**

Концепция моделирования приемоизлучающих структур [6, 7] для радиоэлектронных комплексов с применением программы CST MWS базируется на сеточной дискретизации поверхностей при представлении корпусов носителей проводящими и диэлектрическими фрагментами гексагональной и тетрагональной формы.

Теоретические основы моделирования заключаются в следующем.

1. Расчет токов структуры проводится методом моментов Method of Moments при активации встроенного вычислителя Integral Equation Solver для преобразования математически некорректных интегральных уравнений краевой задачи [5, 8] в системы линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) относительно массива комплексных амплитуд токов решетки и экрана.

2. Компоненты принимаемого (рассеиваемого) поля находятся в виде асимптотических оценок его распределения в дальней зоне объекта по массивам комплексных амплитуд токов антенных элементов и участков несущей поверхности, удовлетворяющих решению краевых задач. Для идеально проводящих носителей постановка краевых задач выполняется при граничных условиях РВА – Perfect Boundary Approximation [5, 6]. Вследствие представления поверхностных токов и полей в самосогласованной форме [5, 6, 8] достигается потенциально высокая точность их восстановления при аппроксимации значениями в точках дискретизации области определения. Поиск решения в точках дискретизации поверхности структуры, а не объема занимаемого ею пространства позволяет в значительной мере сократить вычислительные затраты на обращение матричного оператора сформированной СЛАУ, что обеспечивает нахождение рациональных параметров структур при вариации значений в серии расчетов.

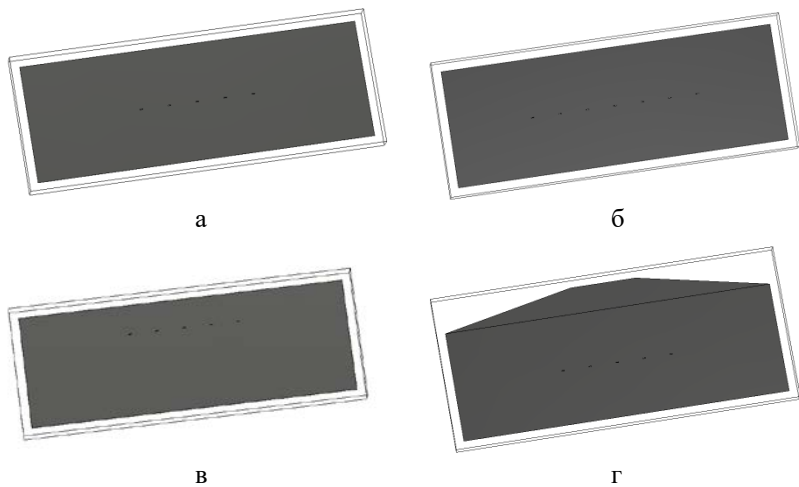
## **2. Результаты анализа приемоизлучающих структур мобильных радиоэлектронных комплексов с применением компьютерной программы электродинамического моделирования**

Расчет ДН и ДОР щелевых антенных решеток на плоских экранах, выполненных из идеально проводящего и диэлектрического материала, осуществлялся на персональной ЭВМ с процессором Intel Core i7-10700K и модулем памяти DDR4 объемом 32 Гб.

Вид несущих поверхностей и варианты расположения решеток представлены на рис. 1.

На рис. 2 приведены ДН щелевых антенных решеток из  $N = 5$  (а) и  $N = 7$  (б) элементов, расположенных с нормированным шагом  $d/\lambda = 0,25$ , где  $\lambda$  – длина волны, на равном удалении от граней идеально проводящего экрана с относительными значениями длины  $L/\lambda = 38$  и ширины  $a/\lambda = 4,3$ .

На рис. 3 представлены ДН решеток аналогичной конструкции, размещенные на экране из полимерного композитного материала на основе полипиррола, способного поглощать электромагнитное излучение в диапазоне частот с коэффициентом перекрытия более 4.

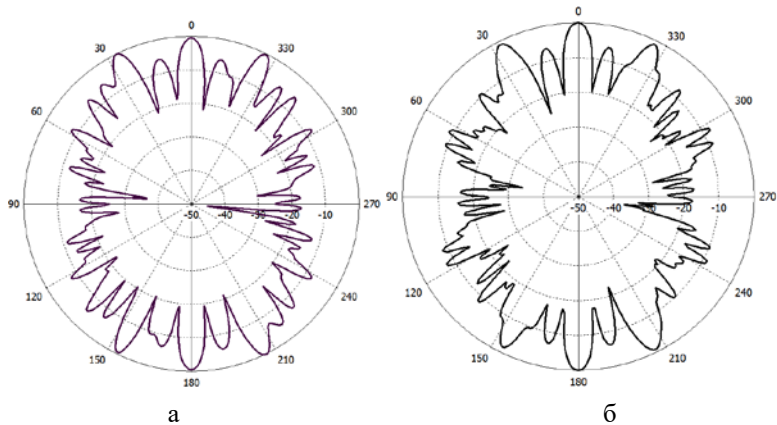


*а – идеально проводящая поверхность с решеткой из  $N=5$  элементов,  
 б – идеально проводящая поверхность с решеткой из  $N=7$  элементов;  
 в – поверхность из диэлектрика (полипропилен) с решеткой из  $N=5$  элементов,  
 г – крыло трапециевидальной формы с решеткой из  $N=5$  элементов*

*Рис. 1. Вид щелевых антенных решеток на плоских экранах*

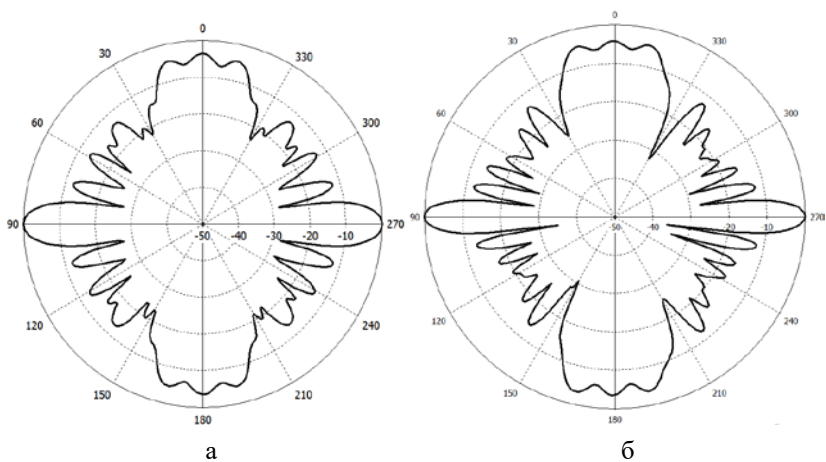
Из сравнения результатов, приведенных на рис. 2 и 3, следует, что при замене идеально проводящей поверхности на диэлектрический экран ДН решеток приближаются к формам, характерным для однородного изотропного пространства, при более высоких (на 4,5...4,8 дБ) средних уровнях боковых лепестков. Увеличение числа антенных элементов с  $N = 5$  до  $N = 7$  обуславливает сужение главных лучей при одновременном уменьшении дальних боковых лепестков ДН решеток, приводящем к повышению их коэффициентов направленного действия (КНД) на 1,3 дБ.

На рис. 4 изображены ДН решеток из  $N=5$  элементов с указанным выше нормированным шагом, расположенных на прямоугольном идеально проводящем экране при смещении относительно его центральной продольной оси на  $\Delta/\lambda = 1$  (а) и поверхности трапециевидальной формы при уменьшении ширины с  $a/\lambda = 4,3$  в центре до  $a/\lambda = 2,6$  на краях.



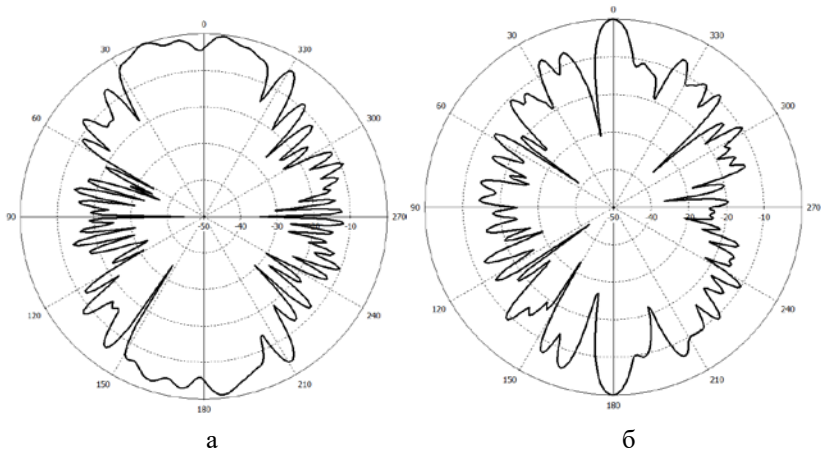
$a - N = 5, б - N = 7$

Рис. 2. ДН щелевых решеток на идеально проводящем экране



$a - N = 5, б - N = 7$

Рис. 3. ДН щелевых решеток на экране из полимерного композитного материала

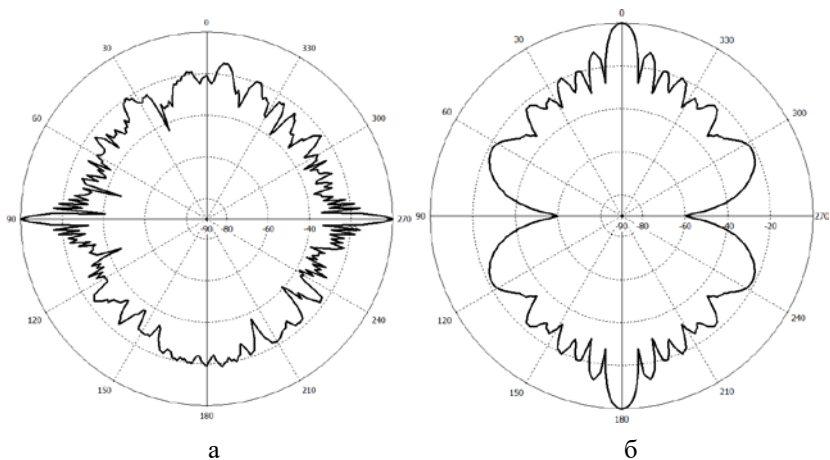


*а* – прямоугольной формы при смещении от центральной продольной оси, *б* – трапецидальной формы

*Рис. 4.* ДН линейных щелевых решеток из  $N=5$  элементов, расположенных на крыле БЛА

Из сравнения представленных результатов с ДН решеток, приведенными на рис. 2 а, можно утверждать, что изменение местоположения антенных элементов и формы несущей поверхности приводит к появлению асимметрии и увеличению числа и глубины локальных интерференционных экстремумов ДН. Данный эффект обусловлен изменением амплитудно-фазового распределения токов решетки вследствие влияния поверхностных волн, отраженных от кромок несущих экранов. При изменении формы поверхности из диэлектрического материала с высокими показателями прозрачности в радиодиапазоне наблюдаются менее существенные искажения ДН решеток.

На рис. 5 приведены ДР решеток из  $N=7$  элементов на поверхности прямоугольной формы с металлизированным покрытием (а) и экране из полимерного материала (б).



*а – с металлизированным покрытием, б – из полимерного материала*

*Рис. 5. ДОР линейных щелевых решеток из  $N=7$  элементов, расположенных на крыле БЛА прямоугольной формы*

Качественное различие представленных ДР определяется тем, что вторичное излучение решетки на идеально проводящей поверхности нивелируется полем, рассеиваемым на краях экрана, а поток поля, рассеиваемого решеткой на диэлектрической поверхности, в основном формируется за счет отражения электромагнитных волн от раскрывов щелей и антенных нагрузок.

### **Заключение**

На основе электродинамического моделирования с использованием компьютерной программы CST MWS исследованы закономерности приема и рассеяния сигналов щелевыми антенными решетками мобильных радиоэлектронных комплексов. Проведен анализ ДН и ДР прямоугольных щелей на идеально проводящих и диэлектрических поверхностях малогабаритных носителей. Исследованы закономерности изменения показателей пространственно-частотной избирательности приема и вторичного излучения сигналов при различных параметрах конструкции решеток, формах и отражательных свойствах несущих поверхностей.

По результатам анализа установлено, что при замене идеально проводящей поверхности на диэлектрический экран форма ДН решетки приближается к виду, характерному для однородного изотропного пространства, с повышением среднего уровня боковых лепестков на



4,5...4,8 дБ. Увеличение числа антенных элементов с  $N = 5$  до  $N = 7$  приводит к повышению КНД на 1,3 дБ с уменьшением среднего уровня дальних боковых лепестков ДН.

Полученные результаты составляют методическую основу для нахождения рациональных вариантов конструкций антенных систем в интересах достижения наибольшей эффективности выполнения функциональных задач мобильными радиоэлектронными комплексами при электромагнитной совместимости бортового оборудования и малой степени проявления демаскирующих признаков, содержащихся во вторичном электромагнитном излучении.

### Список литературы

1. Неганов, В.А. Электродинамика и распространение радиоволн / В.А. Неганов, О.В. Осипов, С.Б. Раевский и др. // Под ред. В.А. Неганова и С.Б. Раевского. – М.: Радио и связь, 2005.– 648 с.
2. Радиоэлектронные системы: основы построения и теория. Справочник/ Под ред. Я.Д. Ширмана. М.: Радиотехника. 2007. 874 с.
3. Братчиков, А.Н. Активные фазированные антенные решетки / А.Н. Братчиков, В.И. Васин, О.О. Василенко и др. // Под ред. Д.И. Воскресенского. – М.: Радиотехника, 2004.– 488 с.
4. Анализ вибраторных антенных решеток малозаметных беспилотных летательных аппаратов самолетного типа / С.Н. Разиньков, А.В. Богословский, Д.Н. Борисов и др. // Воздушно-космические силы. Теория и практика. 2021. №18. С. 227–236 [Электронный ресурс] Режим доступа: [http://академия-ввс.рф/images/data/zhurnal\\_vks/18-2021/227-236.pdf](http://академия-ввс.рф/images/data/zhurnal_vks/18-2021/227-236.pdf). Дата обращения 15.12.2022 г.
5. Разиньков С.Н., Богословский А.В., Борисов Д.Н. Сравнительный анализ отражательных свойств цилиндров с полной и частичной металлизацией боковых поверхностей // Воздушно-космические силы. Теория и практика. 2021. №19. С. 302–310 [Электронный ресурс] Режим доступа : <http://vva.mil.ru/upload/site21/B7st1fUZlu.pdf>. Дата обращения 15.12.2022 г.
6. Курушин А.А., Пластиков А.Н. Проектирование СВЧ устройств в среде CST Microwave Studio. – М.: Издательство МЭИ, 2011. – 155 с.
7. Банков С.Е., Пластиков А.Н. Электродинамика для пользователей САПР СВЧ. – М.: СОЛОН-Пресс, 2017. – 316 с.
8. Неганов В.А. Физическая регуляризация некорректных задач электродинамики: линии передачи, антенны, дифракция электромагнитных волн. – М.: САЙНС-ПРЕСС, 2008. – 432 с.

## Модель канала управления беспилотного летательного аппарата для исследования декодера турбокодов

С. Ф. Галиев, email: gsf76@mail.ru<sup>1</sup>

Н. Д. Горбуков, email: vknicky@yandex.ru<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ВУНЦ ВВС «ВВА» (г. Воронеж)

**Аннотация.** *Рассматривается подход к проведению исследования методов кодирования команд управления в командно-телеметрической радиолинии связи с беспилотным летательным аппаратом (БЛА). Приводится описание структуры канала управления и его модели для проведения исследования работы декодера.*

**Ключевые слова:** *Беспилотный летательный аппарат, модель канала управления, турбокоды.*

Организация защиты канала управления БЛА от помех накладывает свои особенности на разработку и построение устройства приема команд на борту БЛА [1, 2]. В условиях ограничения массы, габаритов и мощности потребляемой электрической энергии возникают технологические трудности в создании аппаратуры, удовлетворяющей всем требованиям. Одной из задач является выбор оптимальной сигнально-кодовой конструкции радиосигнала (вид модуляции, ширина полосы сигнала, метод кодирования потока информации) и реализация декодера, устанавливаемого на борт БЛА. Для этого предлагается рассмотреть модель работы канала «кодирования – декодирования» сложного по структуре сигнала. Предлагаемая модель позволяет оценить не только вероятность правильного декодирования команды, принимаемой на борту БЛА, но и требуемые вычислительные затраты для разработки декодера приемного тракта. В общем результате можно косвенно оценить энергетические затраты на работу декодера и сформировать структуру декодера.

Одним из способов обеспечения качественной связи на большом удалении является использование особой сигнально-кодовой конструкции с применением турбокодов [3]. Турбокоды являются блоковыми систематическими кодами и позволяют обеспечить помехоустойчивость передачи информации по эфиру близкую к теоретической. Их построение производится с использованием рекурсивных сверточных кодов, которые могут быть представлены в

виде линейного регистра сдвига с обратной связью, то есть в рекурсивном коде учитываются выходные биты информации.

На рис. 1 показана структура канала управления, поясняющая состав элементов, участвующих в формировании и трансформации сигнально-кодовой конструкции данных. Входная и выходная последовательности кодера представляет структуру данных (словое слово)  $\mathbf{u} = [\mathbf{u}_0, \mathbf{u}_1, \dots, \mathbf{u}_{k-1}]$  и  $\mathbf{v} = [\mathbf{v}_0, \mathbf{v}_1, \dots, \mathbf{v}_{k-1}]$ , где  $\mathbf{u}_i = [u_i^{(0)}, \dots, u_i^{(b-1)}]$  и  $\mathbf{v}_i = [v_i^{(0)}, \dots, v_i^{(c-1)}]$  – матрицы бинарных величин двоичного кода. На каждый блок из  $b$  входных бит кодер генерирует  $c$  выходных значений.

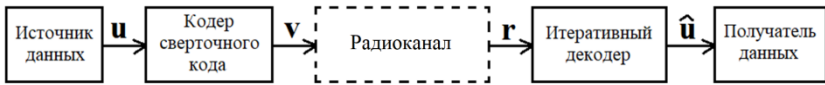


Рис. 1. Структура канала управления с трансформацией сигнально-кодовой конструкции данных

При передаче данных радиоканал рассматривается как канал с аддитивным белым Гауссовским шумом. В результате передачи по радиоканалу на входе декодера принимаемая посылка информации будет описываться матрицей  $\mathbf{r}_i = [r_i^{(0)}, \dots, r_i^{(c-1)}]$ , где  $r_i^j = v_i^{(j)} + n_i^{(j)}$ ,  $n_i^{(j)}$  – независимая Гауссовская величина с нулевым математическим ожиданием и спектральной плотностью мощности шума равной  $N_0/2$ .

В нашей модели канала плотность условной вероятности для величины  $r_i^j$  определяется выражением

$$P\left(r_i^{(j)} \mid v_i^{(j)}\right) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma} e^{-\frac{1}{2\sigma^2}(r_i^{(j)} - v_i^{(j)})^2}, \quad (2)$$

где дисперсия шума  $\sigma^2 = N_0/2E_b$ , а  $E_b$  – энергия передачи одного бита информации. При декодировании кода требуется восстановить последовательность бит в решетке сверточного кода, которая может быть представлена как Марковский процесс.

Оптимальным декодером сверточных кодов является алгоритм, который минимизирует вероятность ошибки на слово и выбирает декодированное слово  $\mathbf{u}$  так, чтобы максимизировать вероятность  $P(\mathbf{r}|\mathbf{u})$ , то есть является декодером по максимуму правдоподобия

$$\hat{\mathbf{u}} = \underset{\mathbf{u}}{\operatorname{argmax}} P(\mathbf{r}|\mathbf{u}), \quad (3)$$

где  $\hat{\mathbf{u}}$  принятое решение о декодированном слове.

В случае минимизации вероятности ошибки на бит алгоритм является декодером по максимуму апостериорной вероятности и максимизирует вероятность  $P(u_i|\mathbf{r})$

$$\hat{u}_i = \underset{u_i}{\operatorname{argmax}} P(u_i|\mathbf{r}), \quad (4)$$

где  $\hat{u}_i$  принятое решение о декодированном бите.

Существует, так называемое, мягкое решение декодера, которое представляет логарифм отношения правдоподобий

$$L(\hat{u}_i) = \ln \frac{P(\hat{u}_i = 1|\mathbf{r})}{P(\hat{u}_i = 0|\mathbf{r})}. \quad (5)$$

Декодер принимает решение о бите  $\hat{u}_i = 1$  в случае  $L(\hat{u}_i) > 0$ , иначе  $\hat{u}_i = 0$ . В данном выражении переменные  $P(u_i = 1|\mathbf{r})$  и  $P(u_i = 0|\mathbf{r})$  еще называются надежностями бит 1 и 0, и определяются следующим образом

$$P(\hat{u}_i = 1|\mathbf{r}) = \frac{1}{1 + e^{-L(\hat{u}_i)}} \quad \text{и} \quad P(\hat{u}_i = 0|\mathbf{r}) = \frac{e^{-L(\hat{u}_i)}}{1 + e^{-L(\hat{u}_i)}}. \quad (6)$$

Используя правило Байеса вероятность  $P(\mathbf{u}|\mathbf{r})$  может быть выражена как

$$P(\mathbf{u}|\mathbf{r}) = \frac{P(\mathbf{r}|\mathbf{u})P(\mathbf{u})}{P(\mathbf{r})}. \quad (7)$$

Значение  $P(\mathbf{r})$  одинаково для всех возможных  $\mathbf{u}$  и его можно опустить, так как оно является нормирующим коэффициентом. Также во многих случаях значения  $u_i$  считают равновероятными, что приводит к тому, что задача максимизации  $P(\mathbf{u}|\mathbf{r})$  сводится к задаче максимизации  $P(\mathbf{r}|\mathbf{u})$ , которую решает декодер. При этом

$$P(\mathbf{r}|\mathbf{v}) = \prod_{i=0}^{k-1} P(\mathbf{r}_i|\mathbf{v}_i). \quad (8)$$

Структура классического кодера сверточного турбокода (кодер СТК) и итеративного декодера, рассматривается в [4]. Кодер СТК

формирует систематический код, в котором проверочная группа образуется из проверочных бит, генерируемых двумя кодерами рекурсивных сверточных кодов (кодер PCK1 и PCK2). При этом помехоустойчивость турбокода обусловлена:

- применением перемежителя для изменения вида входной последовательности, подаваемой на входы кодеров PCK;
- зависимостью веса выходной последовательности PCK от вида входной информационной последовательности (от порядка расположения нулей и единиц в ней).

Итеративный декодер турбокода представляет последовательное соединение декодеров двух элементарных кодов (PCK1 и PCK2), так называемых декодеров с мягкими входным и выходным сигналом. Каждый элементарный декодер имеет два входа:

- вход для сигнала, представляющего собой мягкое решение демодулятора;
- вход для сигнала так называемой внешней информации, получаемой от декодера другого элементарного кода.

На рис. 2 представлена модель структуры канала управления БЛА для исследования его функционирования. Моделирование реализовано в программной среде MathLab. Данная модель позволяет задавать параметры кодового слова, характеристики кодера и декодера, параметры радиоканала.

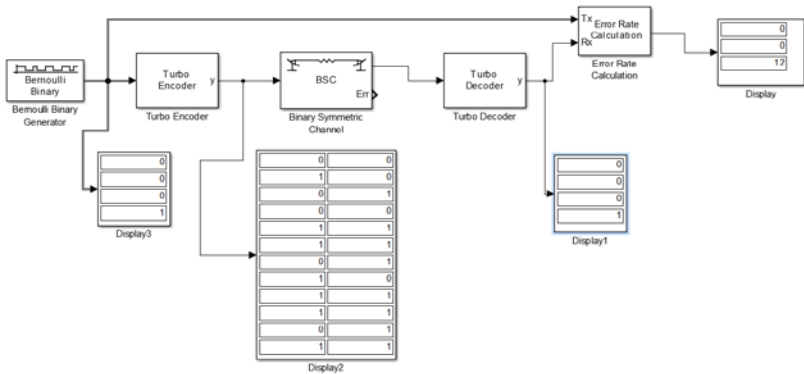


Рис. 2. Модель канала управления в среде MathLab

### Заклучение

Таким образом рассмотрен подход к проведению исследования методов кодирования команд управления БЛА в интересах обеспечения

помехозащищенности. Рассмотрена зависимость между выбором метода кодирования и формированием требований к разработке декодера. При проектировании декодера необходимо обратить внимание на производительность, что повлияет на формирование требований к построению приемного устройства на борту БЛА.

### **Список литературы**

1. Донченко, А. А. Обоснование требований к системе связи БЛА средней и большой дальности / А. А. Донченко, Д. С. Чиров // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. – 2015. – Т. 9. – № 12. – С. 12-16.

2. Боев, Н. М. Анализ командно-телеметрической радиолинии связи с БЛА / Н. М. Боев // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета. – 2012. – Вып. 2 (42). – С. 86-91.

3. Krouk, E. Modulation and Coding Techniques in Wireless Communications / E. Krouk, A. Ovchinnikov, J. Poikonen. – John Wiley and Sons, 2011. – P. 680.

4. Горбуков, Н. Д. Применение турбокодов в командно-телеметрической радиолинии связи с беспилотным летательным аппаратом / Н. Д. Горбуков, С. Ф. Галиев // Актуальные вопросы состояния, эксплуатации и развития комплексов бортового радиоэлектронного оборудования воздушных судов. Проблемы подготовки специалистов / сб. науч. ст. по материалам V Всерос. научно-практической конф. «Авионика» (23–25 ноября 2021 г.). – Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2021. – С.61-63.

## Модель диагноза облачности по спутниковым снимкам

И. З. Денега, E-mail: denega5190@mail.ru<sup>†</sup>

И. В. Круссер, А. И. Драбо

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил  
«Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и  
Ю. А. Гагарина» (г. Воронеж)

**Аннотация.** В данной работе представлена модель диагноза прогноза облачности на основе комплексного использования метеорологической и спутниковой информации с целью обеспечения полетов.

**Ключевые слова:** диагноз облачности, спутниковые снимки.

### Введение

Поскольку поля облачности и связанные с ними зоны осадков значительно изменяются во времени и пространстве, то своевременное получение сведений об этих изменениях представляются весьма важными при метеорологическом обеспечении полетов авиации [1-3].

### 1. Постановка задачи

Если по длительности спутниковые измерения существенно уступают наземным, то по объёму и пространственному охвату они многократно превосходят. Облака относятся к числу наиболее изменчивых во времени и пространстве метеоявлений, и практически невозможно сведения об облаках, полученные в одном районе, распространить и считать репрезентативными в других районах. Изображения облачности в видимом и инфракрасных диапазонах спектра регулярно поступают с метеорологических спутников [3-10].

Интерес представляет выявление информационного содержания спутниковых данных по облачности и исследование предсказуемости климата.

Данные обстоятельства заставляют вести поиск новых моделей прогноза облачности, обладающих достаточной эффективностью и свободных от указанных недостатков.

Для составления модели диагноза облачности, был взят спутниковый снимок в инфракрасном диапазоне 10,5-12,5 мкм за 11.01.23 г. Представленный на рис. 1.

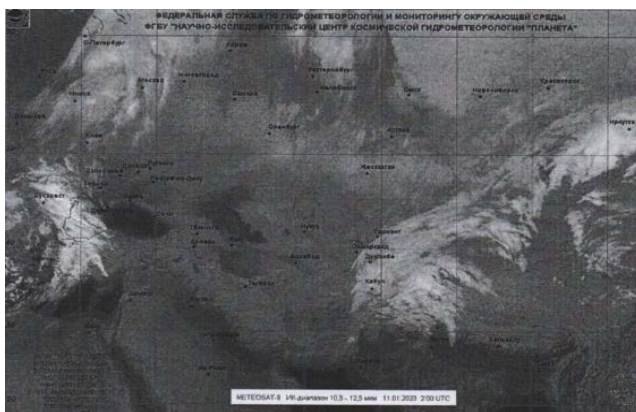


Рис. 1. Спутниковый снимок в инфракрасном диапазоне

По спутниковому снимку с помощью программы Mathcad было определено наличие или отсутствие облачности в том или ином районе.

При наведении курсора мыши на спутниковый снимок в окне панели инструментов высвечиваются значения цвета изображения (R-красный, G-зеленый, B-голубой), при котором минимальное значение всех цветов изображения равно 0, что соответствует отсутствию облачности в данном районе, максимальное значение всех цветов изображения равно 255, что соответствует 10 бальной облачности в данном районе, представлено на рис. 2.

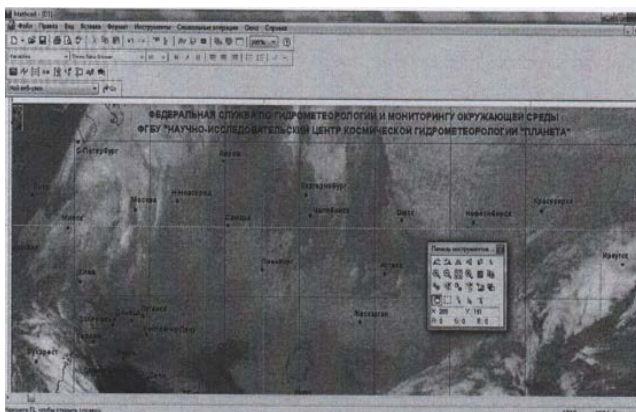


Рис. 2. Определение значений цвета изображения



Для определения цвета изображения на спутниковом снимке относительно баллов облачности, используем кольцевую карту погоды для уточнения наличия, отсутствия или количества баллов облачности.

После определения значений цвета изображения, можно выделить зоны на матрице значений цвета изображений с наличием, отсутствием или количеством баллов облачности. Данные значения были разбиты на градации и переведены в баллы облачности, представлено на рис. 3.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0	131	123	123	143	123	123	123	124	124	124	124	124	124	124
1	149	113	118	118	106	112	105	102	117	107				
2	129	97	118	105	113	123	108	108	107	106				
3	124	108	107	105	112	110	114	117	118	122				
4	134	116	122	119	127	81	119	106	105	109				
5	131	122	88	104	119	142	216	148	244	250				
6	126	120	113	124	114	118	123	128	99	98				
7	132	109	117	112	116	106	107	106	104	105				
8	131	112	102	97	108	106	100	119	112	107				
9	129	111	118	118	120	143	127	106	114	119				
10	142	113	117	114	106	127	97	125	109	111				
11	124	105	123	113	126	101	119	111	111	111				
12	117	111	122	103	117	121	119	119	122	121				
13	130	111	104	120	118	118	106	101	101	101				
14	131	118	106	121	113	120	112	111	101	101				

Рис. 3. Матрица значений цвета изображений

### Заключение

Таким образом, такая процедура определения наличия, отсутствия и количества баллов облачности является наиболее простой и быстрой, что важно при оперативной обработке спутниковой информации.

Полученные результаты свидетельствуют о значительных потенциальных возможностях использования спутниковых измерений для оценки количества облачности.

Эффективность разработанной процедуры оценки количества облачности позволяет предложить ее в дальнейшем в качестве инструмента для осуществления мониторинга облачного покрова и решение задач региональной климатологии.

### Список литературы

1. Говердовский В.Ф. Космическая метеорология с основами астрономии. Учебник. СПб.: 1995. – 218 с.
2. Калинин Н.А., Толмачева Н.И. Космические методы исследования в метеорологии. Пермь : ПГУ, 2005. – 348 с.

3. Руководство по использованию спутниковых данных в анализе и прогнозе погоды. Под ред. И.П.Ветлова, Н.Ф. Вельтищева. Л.: Гидрометеиздат, 1982. 300с.

4. Герман М.А. Космические методы исследования в метеорологии. Л.:Гидрометеиздат, 1985. 352с.

5. Zadorozhniy, V. G. Stochastic model of heat transfer in the atmospheric surface layer / V. G. Zadorozhniy, V. S. Nozhkin, M. E. Semenov, I.I. Ul'shin // Computational Mathematics and Mathematical Physics. – 2020. – vol. 60. – P. 459–471. doi.org/10.1134/S0965542520030173.

6. Zadorozhniy, V. G. A linear first-order differential equation with ordinary variational derivatives / V.G. Zadorozhniy // – Moscow: Pleiades Publishing, Ltd., April 1993. – Vol. 53. – P. 383-388.

7. Zadorozhniy, V. G. Stabilization of Linear Systems by a Multiplicative Random Noise / V. G. Zadorozhniy // Differential Equations. 2018, Vol. 54, i. 6. P. 728-747.

8. Zadorozhniy, V. G. Linear chaotic resonance in vortex motion / V. G. Zadorozhniy // Computational mathematics and mathematical physics. 2013, Vol. 53, i. 4. P. 486-502.

9. Nozhkin, V. A stochastic model of the moisture motion in the atmosphere: two-dimensional case / V. Nozhkin, M. Semenov, I. Ulshin and O. Sokolova // IEEE Xplore. International Conference on Information Technology and Nanotechnology (ITNT). – 2020. – P. 1–4. doi: 10.1109/ITNT49337.2020.9253297.

10. Nozhkin, V.S. A model of advective changes in air humidity: a stochastic approach / V.S. Nozhkin, V.G. Zadorozhniy, I.I. Ulshin and O.I. Kanishcheva // Int. J. Engineering systems modelling and simulation. – 2020. – Vol. 11. – No. 4. – P. 160–169. doi: 10.1504/IJESMS.2020.111273.

## Методические аспекты оценки успешности альтернативного прогноза тумана по пункту Челябинск

А. И. Деркачев, e-mail: gdv555900@mail.ru,  
Н. С. Зеленский

ВУНЦ ВВС «ВВА» им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина  
(г. Воронеж)

**Аннотация.** *Применяемая на практике система оценки успешности прогноза погоды, которая сводится к определению лишь одного критерия – общей оправдываемости, не является объективной мерой точности и надежности. В настоящее время данный критерий не является объективным. В статье рассматривается оценка успешности альтернативного прогноза тумана, которая учитывает дополнительные подходы к решению этой задачи.*

**Ключевые слова:** *Общая оправдываемость, точность прогноза, надежность прогноза.*

### Введение

Предвидение погоды, прежде всего, оказывает неоценимую услугу в социальной потребности обеспечения полетов, а также в различных отраслях экономики страны. Туман как опасное явление погоды может достигать уровня стихийных бедствий, приводить к катастрофам и гибели человеческой жизни. Сведения об их угрозе передаются немедленно по техническим видам связи и представляют собой прогностическую информацию общего назначения. Конечно же, туман представляет опасность в первую очередь для работы всех типов летательных аппаратов. Зачастую ошибка в прогнозе опасного явления погоды приводит к фатальным последствиям [1].

Исходя из вышеизложенного, необходимо объективно разбирать и оценивать прогнозы погоды с соответствующими выводами, для чего необходима модель или система данной оценки прогноза погоды по различным критериальным и если так можно выразиться медицинским термином – референсным значениям.

Известно, как сложно разработать систему оценки прогнозирования, которая позволяла бы достаточно полно определять качество успешности этих прогнозов, охватывающих многочисленные и не всегда однотипные синоптические ситуации. Применяемая в практике система оценки, как правил, сводиться к определению лишь

одного критерия – общей оправдываемости. Однако на сегодняшний день данный критерий уже не эффективен по объективности. Совокупность альтернативных и многофазовых прогнозов рассматривается с различных сторон. Это в итоге позволяет осмыслить, что же в действительности представляет собой успешность метеорологического прогнозирования для решения прикладных задач в данной сфере.

Оценка эффективности оправдываемости прогнозов – это диапазон определенных задач при разработке самих прогностических моделей. Поэтому разрешения проблемы оценки эффективности оправдываемости прогнозов посвящено довольно большое количество исследований.

Под оценкой будем понимать процедуру нахождения показателей эффективности прогнозов.

Качество эффективности прогнозов – это есть характеристика подобия прогнозируемого процесса и фактического состояния атмосферы. Меры этого соответствия могут быть разные. Их принято называть показателями или критериями эффективности. К системе оценки эффективности оправдываемости должны предъявляться следующие требования:

- оценка эффективности прогнозирования должна быть объективной и независимой от того, кто разрабатывал прогноз погоды;
- оценка эффективности прогнозирования должна быть достаточно понятной и простой для применения её в каждодневной практике;
- показатели оценки эффективности должны быть достаточно точные, чтобы различать близкие по синоптической ситуации, но разные прогнозы;
- оценка должна включать сравнение методических прогнозов погоды с инерционными и случайными [2,3].

Оценка эффективности прогнозов погоды позволяет выявить:

- успешность прогнозов погоды "в среднем", т.е. безотносительно к применяемым методам, способам и рекомендациям. В действительности каждый оперативный прогноз есть результат не только применения тех или иных методов прогнозирования, но и учета развития синоптических процессов, иных возможных рекомендаций и, конечно, опыта прогнозиста.

Нередко методы прогнозирования одной и той же метеорологической величины дают разные значения. Окончательное решение остается за прогнозистом;

- составить успешность двух и более методов прогнозирования метеорологических величин, комплекса величин или явлений погоды;
- выбрать лучший метод прогноза метеорологической величины или явления погоды для конкретного потребителя;
- дифференцировать успешность прогноза метеорологических величин и явлений погоды при различных синоптических ситуациях;
- выявить синоптические ситуации, вызывающие частые ошибки-пропуски явлений.

Возможны и другие, в частности, региональные целевые задачи, решаемые на основании оценки успешности прогнозов погоды [4].

Высокая успешность прогнозов метеорологических величин, явлений погоды, равно как и прогнозов погоды в целом, есть необходимое условие их безопасности, а также экономической полезности и ценности.

Оценить успешность – значит установить степень соответствия значений прогнозируемой величины её фактическим значениям.

Оценка успешности является сугубо дифференцированной. Для этого достаточно вспомнить классификацию метеорологических прогнозов. Кроме того, успешность прогнозов может оцениваться ещё и с других позиций – как результативность работы синоптика. В этом случае оценивается качество прогнозов погоды в целом по всем её составляющим.

Успешность прогнозирования погоды есть степень соответствия значений метеорологических величин и явлений погоды, содержащихся в тексте прогноза, фактически наблюдавшимся. Степень схождения, или соответствия, прогнозируемого  $\Pi$  и фактического  $\Phi$  значений метеорологической величины выражает адекватность прогноза и факта явления. Она должна быть измерена, т.е. должна иметь числовую характеристику. Иначе говоря, для определения степени соответствия прогноза факту требуется количественная оценка, измерение этого соответствия. Отсюда следует, что если измерено соответствие, схождение, то очевидным становится и различие. В качестве мер успешности прогнозов используются различные критерии, разработанные отечественными и зарубежными учёными. Критерии успешности позволяют дать количественную оценку схождения прогноза факту и тем самым установить метеорологическую результативность прогнозирования. Для более глубокой и разносторонней оценки успешности (оправдываемости) прогнозирования отдельных метеорологических величин и явлений погоды используется система критериев, каждый из которых характеризует отдельную сторону качества прогнозирования [5].

В табл. 1 представлен двумерный массив частот с двумя входами, позволяющий установить степень зависимости признаков П и Ф в строках и в столбцах. Задача будет постоянно сводиться к следующему: насколько признак Ф связан с воспроизводящим его признаком П или наоборот существует ли связь между прогнозом П и последующей погодой Ф.

Таблица 1

*Таблица сопряженности альтернативных прогнозов погоды*

Фактически наблюдалось, Ф <sub>i</sub>	Прогнозировалось, П <sub>j</sub>		Σn
	П – наличие явления, неблагоприятного условия погоды	П' – отсутствие явлений, неблагоприятного условия погоды	
Ф – явление наблюдалось	n11	n12	n10
Ф' – явление не наблюдалось	n21	n22	n20
	n01	n02	N

Для определения успешности прогноза погоды мы, несомненно, воспользуемся рядом известных критериев, для начала таким, как общая оправдываемость. Она характеризует отношение оправдавшихся прогнозов к общему числу прогнозов погоды и выражена в процентах. Формула общей оправдываемости имеет следующий вид:

$$P = \frac{n_{11} + n_{22}}{N} * 100\%$$

Данный критерии не учитывает ошибку «пропуска» и ошибку «ложной тревоги». Иными словами, обязательно введем критерии точности и надежности.

В связи с тем, что опыт специалистов при разработке прогнозов погоды различен, а также эмпирически определено, что во время психо-эмоциональной нагрузке и дефиците времени молодой инженер-метеоролог может пользоваться не только методическим прогнозом, но и случайным. Также опытные метеорологи во время устойчивой синоптической ситуации, например стационарный антициклон, используют инерционный прогноз погоды. Возникает противоречие и необходимость сравнения различных прогнозов по их успешности, так как оправдываемость даже случайного прогноза может быть иногда

выше, чем у прогноза с использованием синоптического, гидродинамического или физико-статистического подхода.

Проведя расчеты по имеющимся данным по прогнозу тумана пункта Челябинск получим результаты, представленные в табл. 2. В качестве прогнозируемого явления погоды выбран туман.

Таблица 2

*Критерии успешности*

Критерий	Методический прогноз	Инерционный прогноз	$\Delta n, \%$
P	95,7	85,27	112,23
Pин	82	84,97	96,5
H	0,7608	0,019	4004,21
Q	0,907	0,02	4535
U	0,674	-1,377	-48,9

Два специалиста в различных метеоподразделениях пользовались методическим и инерционным прогнозом погоды.

Исходя из анализа представленной таблицы методические прогнозы, как видим, имеют общую оправданность, близкую к высокой (95,7 %). При этом инерционный прогноз выдает тоже не плохие данные.

Отмечается также высокая степень надежности (H) и точности (Q) методических прогнозов, соответственно около (средние значения) 0,7608 и 0,907, что заметно больше рекомендуемого иногда условного порога, принимаемого равным 0,6.

Сопоставление успешности методического и инерционного прогнозов говорит в пользу первых. Предпочтение методическим прогнозам в синоптической практике очевидно.

### **Заключение**

Следует помнить, что результаты оценки успешности прогнозов могут меняться в одном пункте от сезона к сезону, быть более или менее успешными в зависимости от интенсивности синоптических процессов и ряда других причин. Представленная условная методика говорит о необходимости сравнения различных типов прогнозов. Возникают ситуации в оперативной практике, когда инерционный прогноз погоды точнее и требует меньше времени на составление чем традиционный.

### Список литературы

1. Руководство по практическим работам метеорологических подразделений авиации Вооруженных Сил. М.: Воениздат, 1992. 486 с.
2. Скирда И.А. и др. Авиационные прогнозы погоды. М.: Воениздат, 1990, с. 53-66.
3. Монокрович Э. И. Гидрометеорологическая информация в народном хозяйстве. Л. Гидрометеоиздат, 1980, 33-49с., 72-126с.
4. Уланова Е.С., Забелин В.Н. Методы корреляционного и регрессионного анализа в агрометеорологии. Л. Гидрометеоиздат, 1981, с. 5-22, 32-36.
5. Матвеев Л.Т. Физика атмосферы. СПб: Л.: Гидрометеоиздат, 2000. 778 с.



# Программное обеспечение классификации разновременных инфракрасных изображений аэрокосмического мониторинга по теплофизическим параметрам с применением искусственных нейронных сетей

А.А. Долгов, email: alexdolgov88-08@rambler.ru

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил  
«Военно-воздушная академия имени профессора  
Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

**Аннотация.** В статье представлено программное обеспечение (ПО) классификации по теплофизическим параметрам (ТФП) множества разновременных инфракрасных (ИК) изображений (кубоида ИК изображений) аэрокосмического мониторинга (АКМ) с применением искусственной нейронной сети (ИНС) прямого распространения среды GUI MatLab.

**Ключевые слова:** программное обеспечение, теплофизические параметры, аэрокосмический мониторинг, искусственная нейронная сеть, обратная задача теплопроводности.

## Введение

Постоянное развитие беспилотных авиационных систем (БАС) в совокупности с применением современных информационных технологий открывают широкие возможности в обработке информации, получаемой с бортовых оптико-электронных систем в ходе ведения АКМ.

Задача классификации района ведения АКМ по теплофизическим параметрам (ТФП), таким как, теплопроводность, объемная теплоемкость, тепловая инерция, может быть отнесена к классу некорректных обратных задач математической физики, описанных, например, в [1], основным уравнением в которых является дифференциальное параболическое уравнение теплопроводности в частных производных. Некорректность данного типа обратных задач состоит в высокой нестабильности температурных полей, сильно зависящих от внешних условий среды, к которым можно отнести метеорологические, физико-географические условия и другие.

Решение данного типа задач, как правило, основано на применении численных методов решения дифференциальных уравнений в совокупности с методом регуляризации, позволяющим некорректную

задачу свести к условно корректной. Применение ИНС прямого распространения показало весьма хорошие результаты при их использовании для решения обратной задачи теплопроводности.

### **1. Основные требования к составу ПО**

Для решения задачи классификации района АКМ по ТФП ПО должно обеспечивать выполнение следующих операций [2,3]:

1. Ввод множества разновременных ИК изображений обучающей выборки, а также условий, при которых они были получены: время съемки, тепловой поток, метеорологические условия (температура воздуха, относительная влажность воздуха, скорость ветра у земли);

2. Пользовательский выбор на изображениях обучающей выборки эталонных областей с известными значениями ТФП;

3. Конфигурацию и обучение ИНС;

4. Ввод и классификацию множества разновременных ИК изображений тестовой выборки, а также условий, при которых они были получены.

### **2. Компоненты ПО**

ПО классификации района АКМ по ТФП создано в среде математического моделирования и программирования MatLAB R2014b с применением пакета создания графических пользовательских интерфейсов Graphic User Interface (GUI) [4,5].

ПО выполнено в виде оконного пользовательского приложения с графическим интерфейсом и включает в свой состав следующие элементы:

1. Форма для ввода изображений обучающей выборки и параметров, при которых они были получены: время съемки, плотность теплового потока, температура и относительная влажность воздуха, а также скорость ветра в приземном слое (рис.1);

2. Форма пользователя для разметки областей с эталонными ТФП (рис. 2);

3. Стандартная форма MatLAB для конфигурации и обучения ИНС (рис.3). В результате обучения ИНС формируется файл-функция, содержащая рассчитанные весовые коэффициенты синаптических связей ИНС;

4. Форма для ввода изображений и параметров тестовой выборки и ее классификации по ТФП (рис. 4).

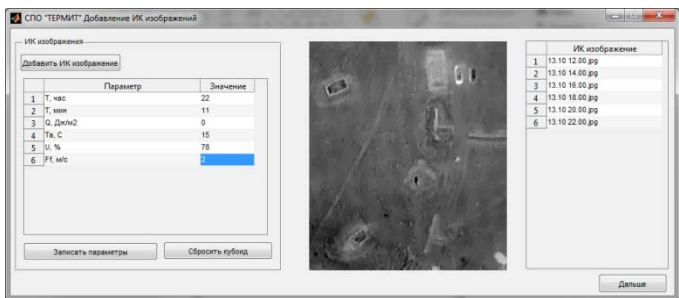


Рис. 1. Форма для ввода изображений обучающей выборки

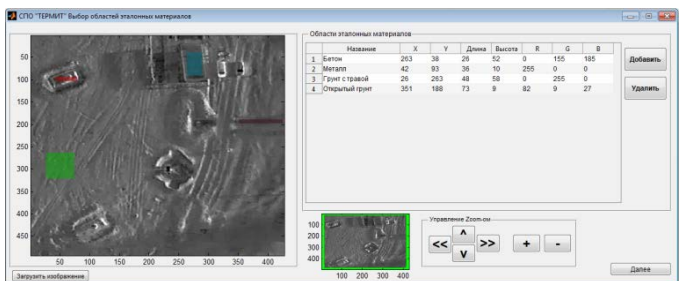


Рис. 2. Форма для разметки эталонных областей

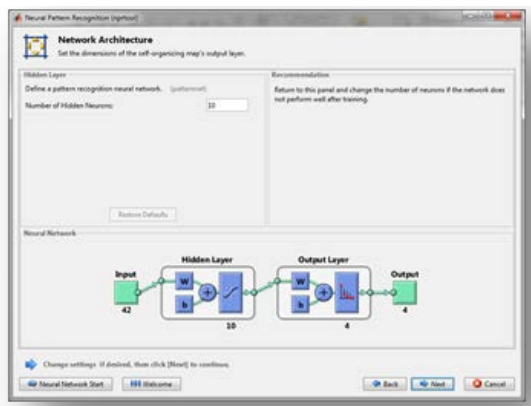


Рис. 3. Стандартная форма MatLAB для конфигурации и обучения ИНС nstart

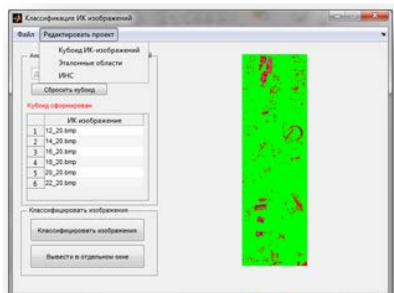
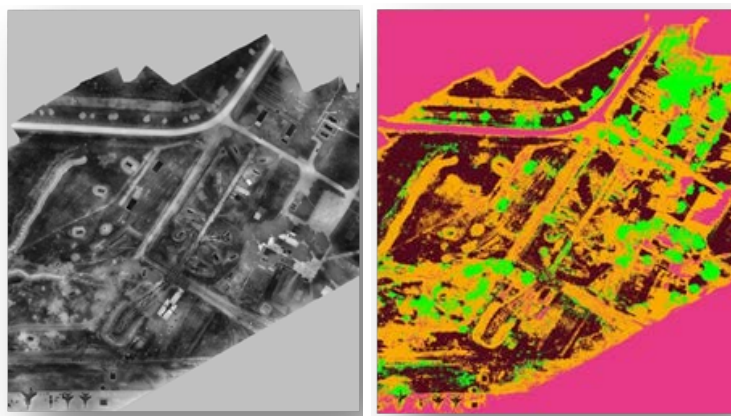


Рис. 4. Форма классификации разновременных ИК изображений по ТФП

### 3. Результаты работы ПО

Результатом работы ПО является получение псевдоцветных изображений пространственного распределения ТФП района АКМ путем обработки кубоида разновременных ИК изображений (рис 5).

На рис. 2 показана разметка эталонных областей с известными значениями ТФП на ИК изображениях обучающей выборки, например: «грунт с травой» - светло-коричневый; «грунт открытый» - темно-коричневый; «бетон ПАГ» - фиолетовый; «крона лиственного дерева» - зеленый; «металл» - красный.



а)

б)

*а – исходное ИК изображение; б – классифицированное псевдоцветное изображение в соответствии с эталонными областями*

Рис. 5. Результаты работы ПО для тестового района АКМ

## **Вывод**

Разработанное ПО позволяет производить классификацию одновременных ИК изображений АКМ по ТФП эталонных областей обучающей выборки с применением ИНС.

Результаты классификации, полученные с применением данного ПО могут быть использованы для анализа земной поверхности района АКМ по ТФП и могут использоваться как отдельно, так и совместно с изображениями АКМ, полученными в других спектральных диапазонах.

## **Список литературы**

1. Марчук, Г.И. Методы вычислительной математики: Учеб. пособие. 3-е изд., перераб. и доп., М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989.–608 с.
2. Комплексы с беспилотными летательными аппаратами. Робототехнические комплексы на основе БЛА: монография / под ред. В.С. Вербы, М.: Радиотехника, 2016. Кн.1.–512 с.
3. Комплексы с беспилотными летательными аппаратами. Робототехнические комплексы на основе БЛА: монография / под ред. В.С. Вербы, М.: Радиотехника, 2016. Кн.2. –824 с.
4. Красильников, Н.Н. Цифровая обработка изображений. М.: Вузовская книга, 2001.–320 с.
5. Смоленцев, Н. К. Создание Windows-приложений с использованием математических процедур MATLAB / Н. К. Смоленцев. М.: ДМК-Пресс, 2008.–456 с.

## Оценка точности расчета атмосферного давления с использованием барометрических формул

А. И. Драбо, email: pigarev.andr@yandex.ru  
А. Е. Пигарев, email: pigarev.andr@yandex.ru  
Р. М. Корсаков, email: pigarev.andr@yandex.ru

ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»  
(г. Воронеж)

**Аннотация.** Представлены различные модели атмосферы с барометрическими формулами для расчета давления на различных высотах. Дана оценка точности использования барометрических формул при расчете атмосферного давления.

**Ключевые слова:** модели атмосферы, барометрические формулы, атмосферное давление, формула Бабине.

### Введение

При решении прикладных задач физики атмосферы, аэродинамики воздушных судов и условий их полета, при разработке численных прогнозов погоды используются различные модели атмосферы, полученные на базе основного уравнения статики атмосферы в виде [1]

$$-\frac{dp}{dz} = \rho g, \quad (1)$$

где  $-\frac{dp}{dz}$  – вертикальная составляющая градиента давления;  $\rho$  – плотность воздуха;  $g$  – ускорение свободного падения.

Интегрирование выражения (1) при различных допущениях о характере изменения температуры и плотности воздуха с высотой позволяет получить барометрические формулы для различных моделей атмосферы с целью решения практических задач по расчету распределения давления и плотности воздуха с высотой, приведения давления к уровню моря и др.

### 1. Упрощенные модели атмосферы

1. Модель однородной атмосферы, т.е. плотность воздуха с высотой не изменяется ( $\rho(z) = \rho_0 = const$ ).

В этом случае интегрирование выражения (1) в пределах от поверхности земли, где давление равно  $p_0$  до уровня  $z$  с давлением  $p(z)$ , позволяет получить барометрическую формулу однородной атмосферы:

$$p(z) = p_0 - \rho_0 g z. \quad (2)$$

Выражение (2) указывает на то, что давление в однородной атмосфере убывает с высотой по линейному закону.

Пусть  $H_{ОДН}$  высота верхней границы однородной атмосферы, где  $p(z) = 0$ . Тогда:

$$0 = p_0 - \rho_0 g H_{ОДН}, \quad (3)$$

откуда

$$H_{ОДН} = \frac{p_0}{\rho_0 g}. \quad (4)$$

Заменяя в (4)  $p_0$  через уравнение состояния сухого воздуха  $\rho_0 = \frac{p_0}{R_C T_0}$ , можно получить:

$$H_{ОДН} = \frac{R_C T_0}{g} = \frac{273 R_C}{g} (1 + \alpha t_0), \quad (5)$$

где  $\alpha \approx 0,004$ ,  $t_0$  – температура воздуха у поверхности земли, °С.

Из формулы (5) следует, что высота однородной атмосферы конечна и является функцией только температуры воздуха на поверхности земли.

2. Модель изотермической атмосферы, т.е. температура воздуха с высотой не изменяется ( $T = T_0 = const$ ).

Замена в основном уравнении статики (1) плотности воздуха через уравнение состояния позволяет записать:

$$\frac{dp}{p} = -\frac{g dz}{R_C T_0}. \quad (6)$$

Интегрирование левой части выражения (6) в пределах от  $p_0$  до  $p(z)$ , а правой части – от 0 до  $z$ , дает барометрическую формулу изотермической атмосферы:

$$p(z) = p_0 \exp\left(-\frac{gz}{R_C T_0}\right). \quad (7)$$

Выражение (7) позволяет заключить, что в изотермической атмосфере давление убывает с высотой по экспоненциальному закону.

Высота изотермической атмосферы равна бесконечности, так как давление стремится к нулю, если высота стремится к бесконечности.

3. Модель политропной атмосферы, т.е. наблюдается линейное изменение температуры воздуха с высотой.

Если на исходном уровне наблюдается температура  $T_0$ , то на любой произвольной высоте  $z$  температуру воздуха можно вычислить по формуле:

$$T(z) = T_0 - \gamma z, \quad (8)$$

где  $\gamma$  – вертикальный градиент температуры.

Барометрическая формула политропной атмосферы может быть получена с использованием интегральной формы [1] основного уравнения статики (1):

$$\ln p(z) = \ln p_0 - \frac{1}{R_C} \int_0^z \frac{g}{T_V} dz, \quad (9)$$

где  $T_V(z)$  – виртуальная температура.

С учетом того, что для сухой атмосферы  $T_V(z) = T(z) = T_0 - \gamma z$  выражение (9) можно преобразовать к виду:

$$\ln p(z) = \ln p_0 - \frac{1}{R_C} \int_0^z \frac{g}{T_0 - \gamma z} dz. \quad (10)$$

Интегрирование (9) при  $g = const$  дает возможность получить барометрическую формулу политропной атмосферы:

$$p(z) = p_0 \left( \frac{T_0 - \gamma z}{T_0} \right)^{\frac{g}{R_C \gamma}}. \quad (11)$$

Из выражения (11) следует, что  $p(z) = 0$ , если  $T_0 - \gamma z = 0$ . Следовательно, высота политропной атмосферы  $H_\gamma$  величина конечная:

$$H_\gamma = \frac{T_0}{\gamma}. \quad (12)$$

Выражение (12) показывает, что высота политропной атмосферы изменяется в широких пределах и зависит от величины вертикального



градиента температуры. Если  $T_0 = 288K$  и  $\gamma = 0,65K/100m$ , то  $H_\gamma = 44,3км$ .

Таким образом, выражения (2), (7) и (11) представляют собой барометрические формулы для рассмотренных моделей атмосферы, когда делались допущения о постоянстве плотности воздуха  $\rho$ , температуры  $T$ , градиента температуры  $\gamma$ , ускорения силы тяжести  $g$ , а массовая доля водяного пара  $s$  принималась равной нулю. Перечисленные или близкие к ним условия в реальной атмосфере могут наблюдаться в какие-то промежутки времени в отдельных ее слоях.

## 2. Модели реальной атмосферы

В реальной атмосфере, когда температура воздуха с высотой распределяется произвольно, в атмосфере содержится водяной пар, а ускорение силы тяжести является функцией широты места и высоты над уровнем моря (поверхности Земли), как показано в [1], барометрическая формула имеет вид:

$$z_2 - z_1 = B(1 + \alpha \bar{t})(1 + 0,608 \bar{s})(1 + a_1 \cos 2\phi)(1 + a_2 \bar{z}) \lg \frac{P_1}{P_2}, \quad (13)$$

где  $B = 2,3H_0 \approx 18400 мВ$  – барометрическая постоянная;  $\bar{t}$  и  $\bar{s}$  – средние барометрические значения температуры и массовой доли водяного пара;  $a_1$  и  $a_2$  – эмпирические коэффициенты.

Выражение (13) – полная барометрическая формула Лапласа реальной атмосферы и в таком виде используется на практике лишь при производстве барометрического нивелирования.

Точность измерения исходных данных (температуры, влажности, давления), необходимых для выполнения расчетов по формуле (13), как правило, значительно меньше тех уточнений, которые дает формула Лапласа на непостоянство ускорения силы тяжести и массовой доли водяного пара, то при решении большинства практических метеорологических задач используются упрощенные барометрические формулы.

Наибольшее распространение на практике получили барометрическая формула реальной атмосферы и упрощенная барометрическая формула Бабинне.

Барометрическая формула реальной атмосферы может быть получена из (13), если считать воздух сухим  $\bar{s} = 0$ , а ускорение силы тяжести  $g$  от широты места  $\phi$  и высоты над уровнем моря  $z$  не зависит. Тогда можно записать:

$$z_2 - z_1 = B(1 + \alpha \bar{t}) \lg \frac{p_1}{p_2}. \quad (14)$$

Если преобразовать (14) к виду:

$$z_2 - z_1 = \frac{273R_C}{g} (1 + \alpha \bar{t}) 2,3 \lg \frac{p_1}{p_2} \quad (15)$$

и перейти к натуральным логарифмам, выражая температуру по абсолютной шкале, можно получить:

$$z_2 - z_1 = \frac{R_C \bar{T}}{g} \lg \frac{p_1}{p_2}. \quad (16)$$

После потенцирования выражения (16) можно получить:

$$p_2 = p_1 \exp\left(-\frac{g(z_2 - z_1)}{R_C \bar{T}}\right), \quad (17)$$

где  $\bar{T} = 273(1 + \alpha \bar{t})$  – средняя барометрическая температура слоя воздуха, заключенного между уровнями  $z_1$  и  $z_2$ .

Если уровень  $z$ , совпадает с уровнем моря (поверхностью земли), а уровень  $z_2$  – произвольный  $z_2 = z$ , то (17) можно записать в виде:

$$p(z) = p_0 \exp\left(-\frac{gz}{R_C \bar{T}}\right). \quad (18)$$

Формула (18) имеет такой же вид, как и барометрическая формула изотермической атмосферы (7). Отличие этих формул состоит в том, что формула реальной атмосферы справедлива лишь для слоев конечной толщины, в которых каждый раз должна быть определена средняя барометрическая температура  $\bar{T}$ . Если изменяется толщина слоя, то изменяется и величина  $\bar{T}$ . В случае же изотермической атмосферы температура является независимой (задаваемой) величиной.

Упрощенная барометрическая формула Бабинне может быть получена путем замены в уравнении (1) дифференциалов давления и высоты их конечными разностями:

$$dp = \Delta p = p_2 - p_1; \quad dz = \Delta z = z_2 - z_1. \quad (19)$$

Пренебрегая изменением ускорения силы тяжести в слое  $z_2 - z_1$  и заменяя плотность воздуха  $\rho$  средней плотностью этого слоя  $\bar{\rho}$ , выражение (1) можно записать в следующем виде:

$$z_2 - z_1 = \frac{p_1 - p_2}{\bar{\rho}g}. \quad (20)$$

Если выразить  $\bar{\rho}$  через уравнение состояния сухого воздуха:

$$\bar{\rho} = \frac{\bar{P}}{R_C \bar{T}} = \frac{p_1 - p_2}{2R_C \bar{T}}, \quad (21)$$

заменяя  $\bar{T} = 273(1 + \alpha \bar{t})$  и подставляя (21) в (20), будем иметь:

$$z_2 - z_1 = \frac{273R_C}{g}(1 + \alpha \bar{t}) \frac{p_1 - p_2}{p_1 + p_2}. \quad (22)$$

Учитывая, что  $\frac{273R_C \bar{T}}{g} = H_0$  – высота однородной атмосферы, уравнение (22) можно записать в виде:

$$z_2 - z_1 = 2H_0(1 + \alpha \bar{t}) \frac{p_1 - p_2}{p_1 + p_2}. \quad (23)$$

из которого для случая когда  $z_1 = 0, p_1 = p_0$ , а  $p_2 = p(z)$  можно получить:

$$p(z) = \frac{p_0(2H_0(1 + \alpha \bar{t}) - z)}{z + 2H_0(1 + \alpha \bar{t})}. \quad (24)$$

Таким образом, выражения (2), (7), (11), (18) и (24) могут быть использованы для оперативного решения следующих практических задач:

- 1) определять превышение одного уровня над другим (барометрическое нивелирование);
- 2) определять давление на любом уровне  $z_2$  по давлению на исходном уровне  $z_1$  и средней температуре слоя  $z_1 - z_2$ ;
- 3) определять среднюю температуру в слоя  $z_1 - z_2$  по измеренным значениям давлений  $p_1$  и  $p_2$ .

### 3. Оценка точности расчетов давления на различных высотах

Для оценки точности расчета давления на различных высотах с использованием выражений (2), (7), (11), (18) и (24), которые соответствуют рассмотренным моделям атмосферы, использованы три радиозондовых наблюдения по станции Москва в коде КН-04. Результаты проведенных расчетов приведены в табл. 1–3.

Таблица 1

Результаты расчетов по данным за 00.00 01 января 2008 года

№ п/п	Р факт.	(2)	(7)	(11)	(18)	(24)
1	1000	962,1	961,8	961,6	958	958
2	925	886,3	889,9	888,1	878	878
3	850	803,2	817,3	812,3	799	798
4	700	611,4	671,4	654,9	643	638
5	500	297,3	486,6	446,0	450	429
6	400	99,2	397,2	341,9	359	322
7	300	-141,6	310,3	240,1	273	212
8	250	-268,0	272,6	196,5	236	162
9	200	^61,0	223,7	141,1	190	92
10	150	-690,4	176,8	91,0	146	19
11	100	-1016,2	126,6	43,5	101	-69

Таблица 2

Результаты расчетов по данным за 12.00 01 января 2008 года

№ п/п	Р факт.	(2)	(7)	(11)	(18)	(24)
1	1000	965,5	965,6	965,4	961,2	961,2
2	925	889,5	894,1	892,4	881,5	881,3
3	850	806,5	821,9	817,2	801,9	801,0
4	700	615,1	677,0	661,1	644,6	639,8
5	500	297,4	490,6	450,8	448,7	427,5
6	400	103,8	403,2	349,0	359,8	323,2
7	300	-135,7	316,3	247,2	273,8	213,4
8	250	-267,8	276,7	201,2	235,5	160,3
9	200	-455,1	228,8	146,9	190,2	92,5
10	150	-682,0	181,8	96,2	146,9	20,3
11	100	-973,9	135,3	51Д	105,3	-59,7

Таблица 3

Результаты расчетов по данным за 00.00 02 января 2008 года

№ п/п	Р факт.	(2)	(7)	(11)	(18)	(24)
1	1000	960,2	960,2	959,9	955,4	955,4
2	925	884,1	888,3	886,4	875,9	875,7
3	850	801,7	816,6	811,6	797,3	796,4
4	700	615,5	675,2	659,1	644,8	639,9

№ п/п	P факт.	(2)	(7)	(11)	(18)	(24)
5	500	298,4	488,4	448,2	449,1	427,9
6	400	110,8	403,3	349,1	362,6	326,5
7	300	-127,5	316,2	247,0	276,3	216,6
8	250	-275,8	271,8	195,5	233,3	157,0
9	200	-454,5	226,4	144,2	190,3	92,5
10	150	-687,7	178,4	92,7	145,8	18,3
11	100	-1008,4	128,6	45,2	101,2	-68,6

Анализ проведенных расчетов на модельных примерах позволяет сделать следующие выводы:

1. Модель однородной атмосферы при расчете давления на различных высотах дает смысловые значения лишь до высот 2-3 км, что указывает на нецелесообразность ее использования.

2. В слое тропосферы до высоты примерно 5 км расчеты, полученные по всем остальным формулам, дают примерно одинаковые результаты, согласующиеся со значениями фактического давления. Выше 5 км наиболее хорошо работает модель изотермической атмосферы.

3. Формула Бабине (24) на всех высотах дает существенное отклонение расчетных значений давления от фактических, что также указывает на нерациональность ее использования на практике.

4. С высоты выше 8 км для расчета давления можно использовать сокращенную формулу Лапласа, так как рассчитанные значения хорошо согласуются с фактическими.

### **Заключение**

Таким образом, для восстановления вертикального профиля атмосферного давления при решении практических метеорологических задач достаточно использовать модель изотермической атмосферы. При этом следует учесть, что до высоты примерно 7 км эта модель дает несколько заниженный результат, а выше 7 км - несколько завышенный результат.

### **Список литературы**

1. Матвеев, Л. Т. Основы общей метеорологии. Физика атмосферы / Л. Т. Матвеев. – Л. : Гидрометеиздат, 2000. – 778 с.

# Функциональное моделирование процесса адаптации информационной системы к потребностям незрячего пользователя

О. В. Дубровина, e-mail: prepov@ Rambler.ru

Тамбовский государственный технический университет

**Аннотация.** *В данной работе рассмотрены аспекты адаптации и основные составляющие современной информационной системы, предназначенной для работы незрячего пользователя. Построены модели адаптации информационной системы к потребностям незрячего пользователя в нотации функционального моделирования (IDEF0) и процесса взаимодействия незрячего пользователя с информационной системой.*

**Ключевые слова:** *адаптация, программные средства, технические средства, тифлоинформационные технологии, информационная система, программа экранного доступа, брайлевский дисплей.*

## Введение

Процесс адаптации информационной системы к потребностям незрячего пользователя основан на понимании алгоритма его работы и оптимизации этого алгоритма для доступа к необходимым ресурсам и сокращения времени на получение информации.

Алгоритм работы незрячего пользователя основан на установке и настройке необходимых тифлоинформационных средств и получение доступа к информационным системам путем их совместного использования. Особенности работы – невизуальный доступ к ресурсам информационных систем [4].

### 1. Взаимодействие незрячего пользователя с информационной системой

Для работы с информационной системой незрячий пользователь применяет технические и программные тифлоинформационные средства [3], а модель процесса взаимодействия незрячего пользователя с информационной системой представлена на рис. 1.

Незрячий пользователь при помощи аппаратных и программных тифлосредств получает доступ к ресурсам информационной системы. При этом информационная система должна предоставить

адаптированные материалы для чтения и печати, возможность использования чата и информацию в удобном для незрячего пользователя виде [2].



Рис. 1. Модель процесса взаимодействия незрячего пользователя с информационной системой

При соблюдении перечисленных элементов адаптации незрячий пользователь получит доступ к необходимой информации.

## 2. Построение функциональной модели

Рассмотрим моделирование процесса адаптации информационной системы к потребностям незрячего пользователя. Данный процесс предполагает решение следующих задач: адаптация основных элементов информационной системы; разработку документов в специальном формате; разработку адаптированных форм, анкет, чата и т.д.

Данные задачи следует рассматривать в разрезе оптимизационных критериев, учитывающих: время доступа к информационной системе; удобство поиска и обработки информации; объема воспринимаемой информации за промежуток времени, получение доступа ко всем элементам информационной системы [1].

На рис. 2 представлена контекстная диаграмма процесса адаптации информационной системы к потребностям незрячего пользователя.

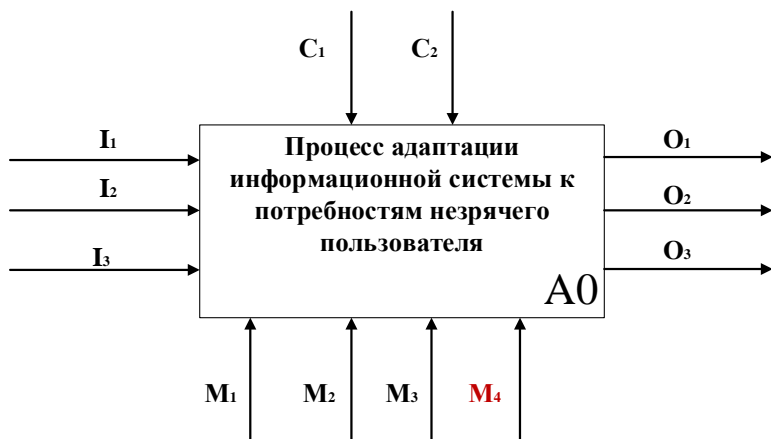


Рис. 2. Контекстная диаграмма

На вход поступает информация: о программных средствах адаптации ( $I_1$ ), необходимых для доступа к информационной системе; о технических средствах адаптации ( $I_2$ ), позволяющих незрячему пользователю получить доступ к информационной системе; о запросах незрячего пользователя ( $I_3$ ) – введении данных в поиск, переходах горячими клавишами клавиатуры и прочее.

На выходе представлена: корректная работа информационной системы ( $O_1$ ), включающая в себя возможность перехода по заголовкам, поиск, подбор, прикрепление данных, описание графических и отсутствие нечитаемых элементов; документы в специальном формате ( $O_2$ ), читаемые программами экранного доступа; адаптированные элементы информационной системы ( $O_3$ ), включающие подписанные кнопки, ссылки, формы прикрепления документов, размеченный текст, подписанные поля форм и анкет и т.д.

В качестве управлений рассматриваются: ГОСТ Р 52872-2019 «Интернет-ресурсы. Требования доступности для инвалидов по зрению» [4] ( $C_1$ ), регламентирующие основные аспекты адаптации интернет-ресурсов; Федеральный закон "О социальной защите инвалидов в Российской Федерации" от 24.11.1995 N 181-ФЗ ( $C_2$ ).

В качестве механизмов в модели выступают:  $M_1$  – незрячий консультант, проверяющий и тестирующий все варианты адаптации;  $M_2$  – технический специалист, осуществляющий адаптацию, настройку информационной системы, технических и программных средств адаптации;  $M_3$  – алгоритм адаптации, включающий последовательность



необходимых действий, приводящих к необходимому уровню адаптации информационной системы;  $M_4$  – модуль адаптации информационной системы (данный механизм появляется в процессе адаптации). Диаграмма декомпозиции первого уровня представлена на рис. 3.

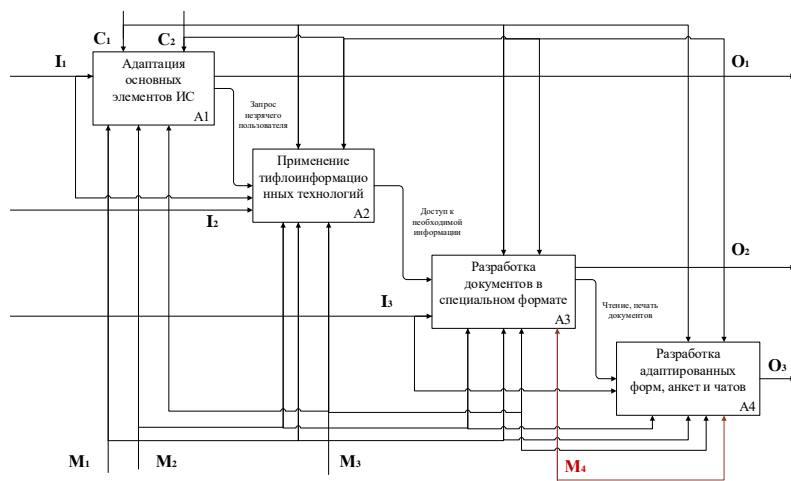


Рис. 3. Диаграмма декомпозиции первого уровня

Рассмотрим процесс адаптации информационной системы к потребностям незрячего пользователя без внедрения модуля адаптации.

Блок 1 – представляет собой процесс адаптации основных элементов информационной системы в соответствии с ГОСТ Р 52872-2019. Выходом данного блока является запрос незрячего пользователя на доступ к информационной системе при помощи тифлоинформационных технологий. При наличии основных аспектов адаптации информационной системы доступ будет получен. В этом случае информационная система работает корректно.

Блок 2 – представляет собой процесс подбора пользователем набора тифлоинформационных технологий, как аппаратных, так и программных, позволяющих слушать информацию, выводить ее в тактильном виде на дисплей Брайля и на печать. Выходом этого блока является получение доступа к необходимой информации.

Блок 3 – представляет собой процесс подготовки документов в удобном для незрячего пользователя виде. Включает в себя разработку структуры документов, выделение заголовков, подписи к графическому материалу. В качестве результата блока выступают документы в

специальном формате, удобном незрячим и читаемым тифлоинформационными средствами.

Блок 4 – включает в себя разработку адаптированных элементов для осуществления обратной связи, общения, прохождения тестов и анкет и др. Выходом будут адаптированные элементы информационной системы. Предоставляющие возможность заполнения различных видов форм (при необходимости), включающих формы обратной связи, формы общения, варианты ответов при анкетировании и прочее.

При использовании модуля адаптации (механизм М<sub>4</sub>), процесс адаптации останется прежним, но некоторые неадаптированные элементы уже созданных систем могут быть адаптированы. Это касается описания графических изображений и аннотирования текстовой информации [5].

### **Заключение**

Полноценное взаимодействие незрячего пользователя с информационной системой возможно при соблюдении основных аспектов адаптации системы к потребностям таких пользователей и возможностям тифлоинформационных средств.

Проведенное моделирование процесса адаптации информационной системы к потребностям незрячего пользователя позволяет выявить основные закономерности адаптации и необходимые тифлоинформационные средства. Функциональная модель отражает основные входные потоки, выходные данные, задействованные ресурсы и управляющие воздействия. Входными параметрами являются необходимые для использования аппаратные и программные тифлосредства и запросы незрячего пользователя. Выходными данными являются, корректная работа ИС, документы в специальной форме и адаптивные элементы, процесс формирования которых выполняется под регламентацией ГОСТ Р 52872-2019 и ФЗ N 181-ФЗ. Исполнителями процессов являются незрячий консультант и технический специалист. К механизмам также относится алгоритм адаптации информационной системы к потребностям незрячего пользователя и модуль адаптации, для дополнения процесса адаптации системы.

### **Список литературы**

1. Алексеев В.В. Моделирование информационного воздействия на эргатический элемент в эрготехнических системах/ В.В. Алексеев, С.И. Корыстин, В.А. Малышев, В.В. Сысоев// 2003.-200 с.: 55 ил.
2. Алексеев В.В. Адаптивная информационная технология подготовки операторов систем специального назначения на основе

компетентностного подхода/ В.В. Алексеев, А.А. Шишкин // Правовая информатика, 2018. № 3. С. 60-69.

3. Компьютерные технологии для незрячих и слабовидящих [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.tiflocomp.ru/>

4. Алексеев В.В., Дубровина О.В. Моделирование адаптации электронных информационных ресурсов для слабовидящих и незрячих пользователей// Правовая информатика. 2021. № 3. С. 68-76.

5. Рощина М.А. Основы компьютерных тифлотехнологий. Нижний Новгород: ЦСТПР «Камерата», 2007. С. 60.

6. ГОСТ Р 52872-2019 «Интернет-ресурсы. Требования доступности для инвалидов по зрению»

7. Дубровина О.В., Алексеев В.В. Применение нейросетевых технологий для распознавания графических изображений в сетевой информационной системе// Сборник тезисов XX Всероссийской научной конференции «Нейрокомпьютеры и их применение»/ под редакцией д.ф.-м.н., профессора А.В. Чечкина, д.т.н., профессора Л.С. Куравского, к.т.н., профессора С.Л. Артеменкова, к.ф.-м.н., доцента Г.А. Юрьева, д.т.н., профессора А.В. Горбатова, д.т.н., профессора С.Д. Кулика. - МГППУ, 2022. – С.44

## Подробная цифровая модель радиоприёмного устройства

В. А. Жигулин, email: obi4n@yandex.ru

ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина»

**Аннотация.** *В данной работе рассказывается о моделировании полной схемы супергетеродинного АМ радиоприёмника КВ-диапазона в САПР Advanced Design System. Приведена готовая модель и продемонстрированы принципы её работы.*

**Ключевые слова:** компьютерное моделирование, САПР, радиоприёмник.

### Введение

Радиоприёмное устройство (РПрУ) – это система узлов, блоков и электрических цепей, предназначенная для улавливания высокочастотных электромагнитных колебаний, выделения полезных сигналов из принимаемого радиоизлучения и преобразования их к виду, обеспечивающему использование содержащейся в них полезной информации. Цель данной работы – создать цифровую модель РПрУ и провести измерение некоторых его параметров. Были поставлены следующие задачи:

- найти схемотехнические решения для каждого блока РПрУ;
- провести моделирование супергетеродинного радиоприёмника;
- проследить изменения сигнала в разных частях устройства.

– Объектом исследования является модель радиоприёмного устройства КВ диапазона. Предмет исследования – это характеристики данного радиоприёмного устройства.

Описываемая далее модель представляет собой развитие идеи, представленной ранее в статьях [1-2]. Предыдущие модели состояли из готовых функциональных блоков без внутренней схемотехники. Это позволяло продемонстрировать преобразования сигнала и принципы работы устройства, однако давало лишь общее понимание о внутреннем устройстве супергетеродинного радиоприёмника. В данной же работе каждый блок РПрУ представлен конкретной схемой, состоящей из реальных компонентов, что позволяет более приближенно к реальности моделировать проходящие процессы, хотя и усложняет сам процесс моделирования.

## 1. Предварительный анализ

В данной работе проводится моделирование радиоприёмного устройства по супергетеродинной схеме с однократным преобразованием частоты. Структурная схема моделируемого РПрУ представлена на рис.1.

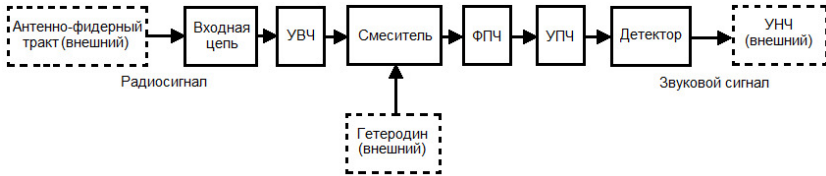


Рис. 1. Структурная схема РПрУ

Данная схема является типовой и часто используется в приёмниках, предназначенных для прослушивания радиовещательных станций на частотах ниже 30 МГц.

Рассмотрим подробнее работу и устройство данной схемы. Наведённый в антенне радиосигнал через фидер попадает в преселектор РПрУ. Он состоит из входной цепи и усилителя высокой частоты (УВЧ) (радиочастоты). Входная цепь представляет собой непереключаемый полосовой фильтр на резонансных элементах (LC-цепи), настроенный на частоту принимаемой станции 7,215 МГц. Радиосигнал фильтруется входной цепью и проходит через усилитель высокой частоты, где усиливается до уровня, достаточного для корректной работы преобразователя частоты. Именно за счёт преселектора осуществляется основная селективность паразитных побочных частот приёма: зеркального канала и канала прямого прохождения.

Преобразователь частоты состоит из смесителя и фильтра промежуточной частоты, а также внешнего гетеродина. Смеситель, с помощью сигнала от гетеродина, осуществляет перенос спектра нужного информационного сигнала на статичную промежуточную частоту (ПЧ). Выбор подходящей промежуточной частоты супергетеродинного РПрУ очень важен для достижения необходимых характеристик. Для обеспечения более высокой избирательности по зеркальному каналу промежуточная частота должна быть как можно выше, а для обеспечения достаточной избирательности по соседнему каналу – как можно ниже. Кроме того, промежуточные частоты нормируются государственными и международными стандартами. В данной работе была выбрана одна из наиболее употребительных ПЧ 455 кГц.

Фильтр промежуточной частоты (ФПЧ) представляет собой не перестраиваемый полосовой фильтр с центральной частотой, равной промежуточной частоте. Именно за счёт фильтра промежуточной частоты осуществляется основная селективность по соседним каналам. Это особенно важно, когда радиопередатчики идут один за другим в общем спектре. Отфильтрованный ФПЧ полезный сигнал на промежуточной частоте поступает на усилитель промежуточной частоты (УПЧ). Его функция – усилить информационный сигнал до уровня, достаточного для корректной работы детектора. Демодуляция в данном радиоприёмном устройстве осуществляется с помощью амплитудного детектора.

После всех преобразований на выход радиоприёмника поступает продетектированный звуковой сигнал. Его мощность слишком мала для работы воспроизводящего оборудования, поэтому он предварительно усиливается усилителем низкой (звуковой) частоты (УНЧ).

## 2. Моделирование радиоприёмника

В данной работе проводилось моделирование радиоприёмного устройства КВ-диапазона. Это радиоприёмник амплитудно-модулированного сигнала супергетеродинного типа с одним понижением частоты (одной промежуточной частотой). РПрУ рассчитано на приём одной фиксированной станции на частоте 7,215 МГц.

После расчёта каждого блока по-отдельности была собрана обобщённая схема из всех блоков. На рис.2 представлена полная цифровая модель РПрУ.

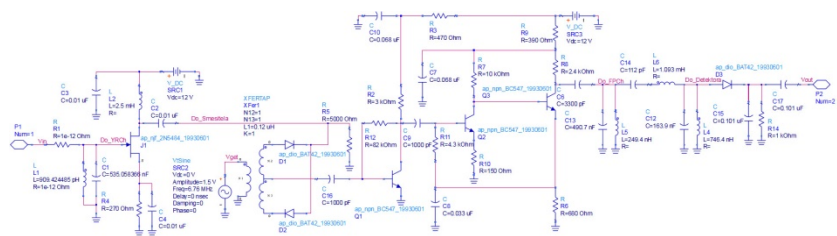


Рис. 2. Полная модель радиоприёмного устройства

На рис.3 приведены графики сигналов в разных точках РПрУ, полученные после проведения временного анализа. На осциллограмме (а) представлен входной сигнал амплитудой 30 мкВ, амплитудно-модулированный синусоидой с частотой 1 кГц. На графике (б) – сигнал после смесителя. Форма его огибающей отличается от той, что была до

преобразователя частоты. Это вызвано появлением в его спектре комбинационных частот. На осциллограммах (в) и (г) представлены модулирующий и итоговый демодулированный сигналы.

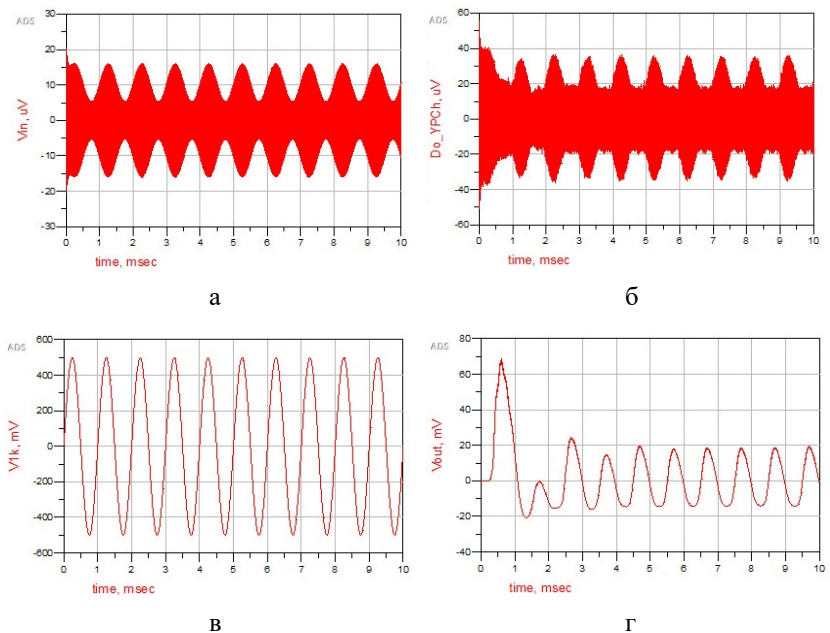


Рис. 3. Осциллограммы сигналов из разных точек РПрУ

При помощи анализа методом гармонического баланса (НВ Simulation) можно изучить спектры сигналов в разных точках приёмника. На рис.4 представлены спектрограммы сигналов в разных точках радиоприёмного устройства. Они позволяют точно отследить изменения, происходящие с сигналом. Здесь можно видеть спектры входного сигнала (а), сигнала после преобразователя частоты (б) (маркеры m2 и m3 показывают разностные и суммарные комбинационные частоты), сигнала после ФПЧ (в) (маркеры m4 и m5 показывают, как ослабевают суммарные гармоники) и сигнал после АМ детектора (г) не частоте 1 кГц.

### 3. Оценка некоторых параметров РПрУ

Оценим избирательность приёмника по соседнему и зеркальному каналам. Избирательность характеризует способность приемника

выделять сигналы нужной станции и не пропускать сигналов других, мешающих приему, станций.

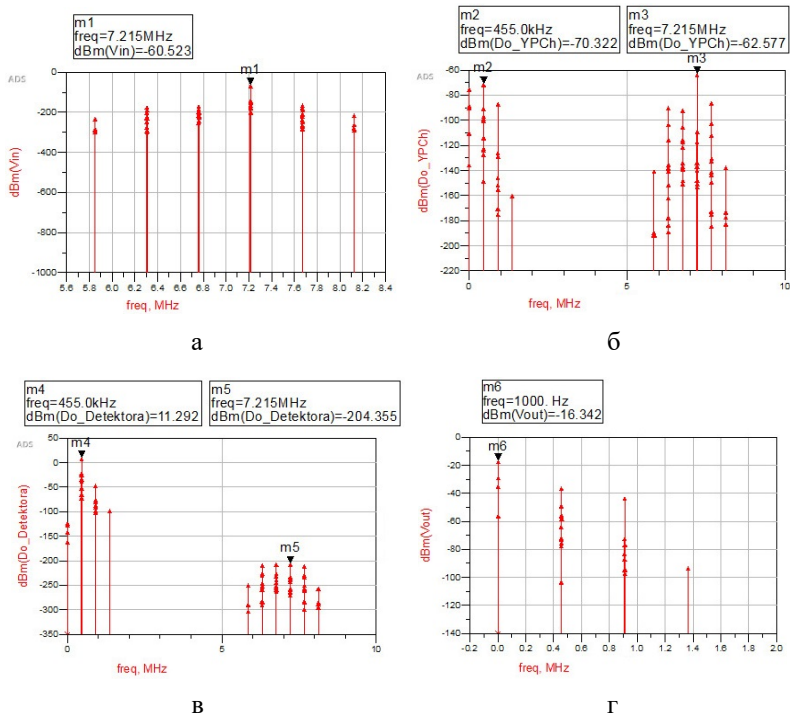


Рис. 4. Спектрограммы сигналов в различных точках РПрУ

Избирательность по соседнему каналу – это способность приемника принимать полезный сигнал на заданной частоте канала с заданным качеством в присутствии мешающего сигнала по соседнему каналу. Избирательность по соседнему каналу достигается за счёт фильтра промежуточной частоты (ФПЧ).

Было проведено измерение амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) фильтра промежуточной частоты. График характеристики представлен на рис.5. Из графика видны характеристики данного фильтра: центральная частота, равная 455 кГц (маркер m1), ширина полосы пропускания по уровню -3 дБ, равная 10 кГц (маркеры m2 и m3), и коэффициент передачи на частоте соседнего канала, равный -20,681 дБ. Из данных значений вычисляется избирательность по соседнему каналу, равная 15,5 дБ.



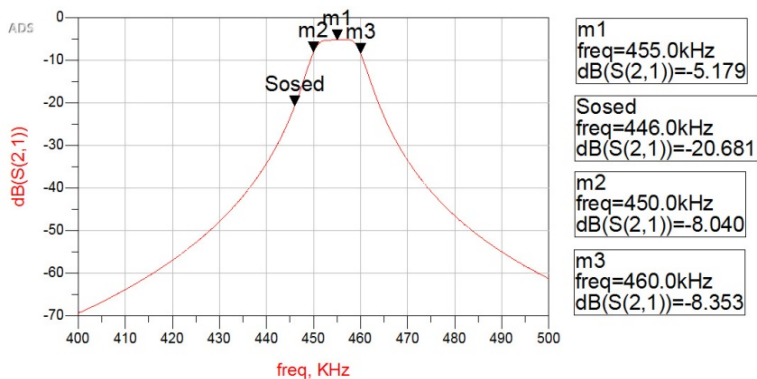


Рис. 5. АЧХ ФПЧ

Измерим избирательность данного приёмника по зеркальному каналу. Зеркальный канал приёма – это вторая входная частота, дающая такую же разность с частотой гетеродина, что и рабочая частота. Сигнал, передаваемый на этой частоте, проходит через ФПЧ и неразделимо смешивается с полезным сигналом. Избирательность по зеркальному каналу достигается за счёт фильтра радиочастоты (ФРЧ), находящегося перед преобразователем частоты.

Ниже представлены результаты моделирования входной цепи. На рис.6 изображён график её амплитудно-частотной характеристики (АЧХ).

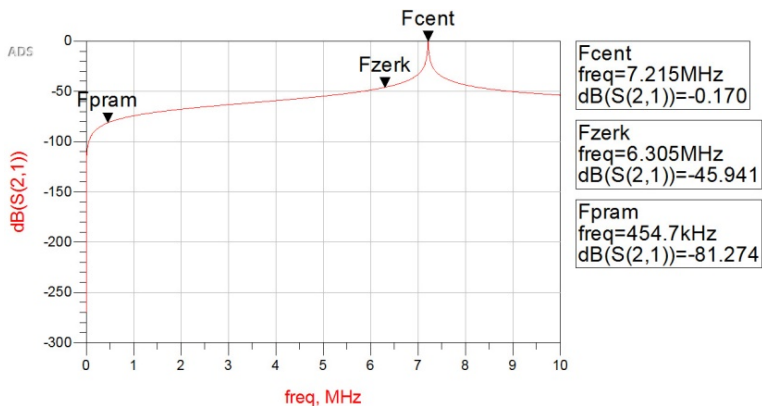


Рис. 6. АЧХ ФРЧ

На представленном графике АЧХ отмечено три маркера. Они соответствуют следующим частотам:

$f_{cent}$  – центральная частота ПФ, 7,215 МГц;  
 $f_{zerk}$  – зеркальная частота РПрУ, 6,305 МГц;  
 $f_{pgram}$  – промежуточная частота РПрУ, 455 кГц.

Данные маркеры показывают следующие значения характеристик рассчитанной входной цепи: коэффициент преобразования на частоте радиосигнала  $K_n = -0,17\text{дБ}$ ; избирательность по зеркальному каналу  $\delta_{зк} = -45,9\text{дБ}$ ; избирательность по каналу прямого прохождения  $\delta_{пр} = -81,3\text{дБ}$ .

### Заключение

В данной работе была представлена модель радиоприёмного устройства коротковолнового диапазона супергетеродинного типа. Данная модель создавалась как развитие идеи, представленной ранее в статьях [1-2]. Моделирование и измерения проводились в САПР Advanced Design System. Была продемонстрирована готовая модель и представлены графики и спектрограммы сигналов в различных точках приёмника, иллюстрирующие принципы работы супергетеродинных радиоприёмников.

### Список литературы

1. Жигулин, В. А. Моделирование радиоприёмника УКВ-частот и оценка его основных параметров / В. А. Жигулин // Материалы областного профильного семинара "Школа молодых ученых" по проблемам технических наук : Тезисы и доклады семинара, Липецк, 19 ноября 2021 года. – Липецк: Липецкий государственный технический университет, 2021. – С. 128-131.
2. Жигулин, В. А. Моделирование радиоприёмного устройства коротковолнового диапазона в САПР Advanced Design System / В. А. Жигулин // Информатика: проблемы, методы, технологии : Материалы XXII Международной научно-практической конференции им. Э.К. Алгазинова, Воронеж, 10–12 февраля 2022 года / Под редакцией Д.Н. Борисова. – Воронеж: Общество с ограниченной ответственностью "Вэлборн", 2022. – С. 228-235.
3. Котлинский, С. В. Компьютерное моделирование радиоэлектронных средств на базе среды схемотехнического моделирования Advanced Design System (ADS): учеб. пособие / С. В. Котлинский, В. А. Павлов. – Тверь : Тверской государственный технический университет, 2020. – 160 с.
4. Левин Е.К. Расчёт и схемотехническое моделирование функциональных узлов радиоприёмного устройства : учеб. пособие по

курсовому проектированию / Е.К. Левин. – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2016. – 84 с.

5. Проектирование радиотехнических устройств в среде Advanced Design System / А. Д. Головин, О. А. Смирнова, А. Н. Глотов, Равиль Загидуллин. – 1-е изд. – Москва : Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (Москва), 2006. – 44 с.

6. Смирнова, О. А. Применение моделирующего комплекса ADS в подготовке специалистов высшей квалификации для задач исследования и разработки радиоэлектронных средств защиты информации / О. А. Смирнова, Б. П. Петренко // Вопросы защиты информации. – 2006. – № 1 (72). – С. 46-51.

7. Тяпичев Г. Как построить трансивер / Г. Тяпичев. – Москва : ДМК Пресс, 2005. – 432 с.

8. Чукаев М.В. Проектирование радиоприёмных устройств супергетеродинного типа: учебно-методическое пособие / М.В. Чукаев. – Санкт-Петербург, СПб ГБОУ СПО «ПКГХ», 2016. – 45 с.

## Компьютерное моделирование при анализе внутренних механизмов климатических колебаний

В. П. Закусилов, e-mail: gdv555900@mail.ru,  
Д. В. Гедзенко

ВУНЦ ВВС «ВВА» им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина  
(г. Воронеж)

**Аннотация.** *Проведено исследование по выявлению направленности в работе энергетических механизмов в атмосфере, ответственных за формирование циркуляционного режима полушария. Полученные результаты могут служить исходными положениями для уточнения физических гипотез при разработке методов долгосрочного прогнозирования погоды.*

**Ключевые слова:** *климатические колебания, среднемесячные значения, температура воздуха, общая циркуляция атмосферы, контраст температуры, тренд.*

### Введение

Существенное влияние на различные области человеческой деятельности оказывают колебания погоды. Познание внутренней сущности атмосферных процессов, обуславливающих изменения погоды, изучение причин, приводящих к формированию этих колебаний, составляют важную задачу современной науки.

В настоящее время разработка прогнозов погоды различной заблаговременности основывается на использовании закономерностей общей циркуляции атмосферы. Этому вопросу уделяется много внимания [1, 2].

Целью данной работы – на базе современных архивных данных по температуре, с использованием компьютерного моделирования, исследовать возможность уточнения структуры и направленности в работе «тепловых механизмов атмосферы», определить их периодические и трендовые составляющие.

В качестве исходной информационной базы использованы значения среднемесячной температуры воздуха на стандартных изобарических поверхностях (1000 – 100 гПа) по данным реанализа NCAR/NCAP.

## 1. Разработка модели

Теоретической предпосылкой работы явилось то, что основной причиной атмосферных процессов является неоднородность в нагревании различных участков подстилающей поверхности и слоев атмосферы, что в свою очередь порождает температурные, а соответственно и барические градиенты, которые обуславливают движения, направленные на восстановление гидростатического равновесия в атмосфере. Механизмы, с помощью которых это происходит, получили название «тепловых машин». Для объяснения крупномасштабной циркуляции было введено понятие глобальной тепловой машины 1-го рода, нагревателем в которой являются тропические районы земного шара, а холодильником - полярные районы земного шара.

На рис. 1 представлен многолетний ход контрастов температуры между полюсом и экватором в январе. Из рисунка видно, что в многолетнем ходе имеет место отрицательный тренд, примерно  $3\text{--}40^\circ\text{C}/10$  лет.

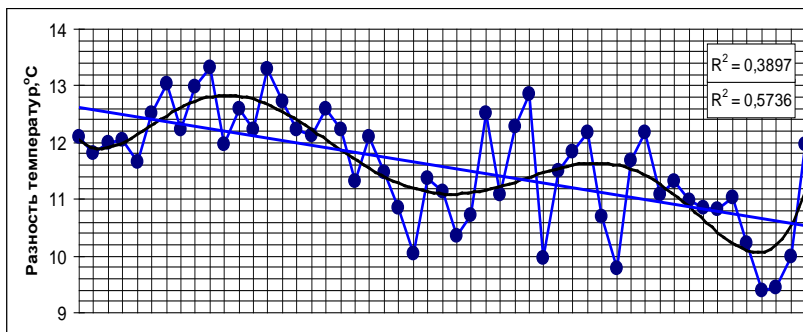


Рис. 1. Распределение контрастов температуры воздуха между северным и южным полушариями (январь)

Следует заметить, что чем больше контраст температур между полюсом и экватором, тем интенсивнее зональный поток. При уменьшении контрастов увеличивается повторяемость меридиональных форм, с которыми, связаны опасные явления погоды и стихийные бедствия. На рис., помимо трендовой составляющей, имеют место и гармонические колебания, с периодом, примерно 24 года.

С контрастом температуры между полюсом и экватором связана температура воздуха у поверхности земли. На рис. 2 представлен многолетний ход среднемесячной аномалии температуры воздуха.

Сравнение рис. 1 и 2 указывает на то, что многолетнее распределение температуры в холодное полугодие имеет противоположный характер. Прежде всего, для нее характерен положительный тренд, т.е. температура воздуха в течение времени растет. Скорость роста составляет  $0,32^{\circ}/10$  лет. Наблюдаются также гармонические колебания с периодом 24-25 лет [3]. При этом важно отметить, что эти колебания находятся в противофазе со значениями контрастов температуры, представленных на рис. 1: при увеличении контрастов между полюсом и экватором, средняя глобальная температура воздуха понижается и наоборот.

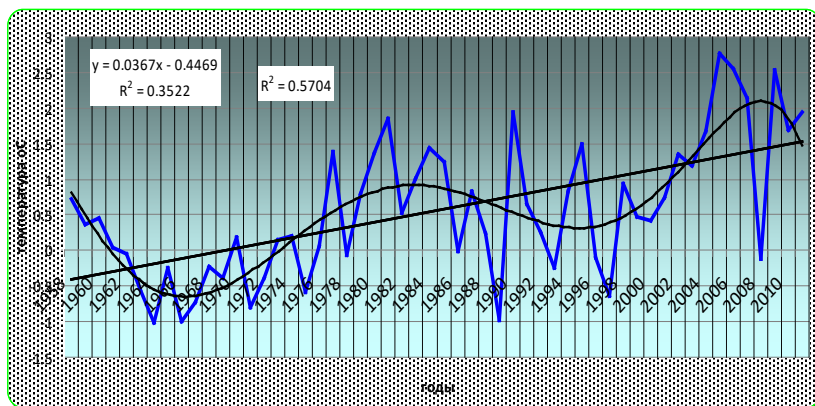


Рис. 2. Ход аномалии температуры воздуха в северном полушарии (январь)

Принимая во внимание, что отрицательный тренд контрастов температуры продолжится, можно сделать вывод, что в ближайшие годы, во-первых, глобальная температура воздуха в холодное полугодие будет повышаться, во-вторых, следует ожидать преобладания меридионального характера циркуляции с формированием опасных явлений и стихийных бедствий.

На рис. 3 представлены направление и скорость изменения температуры воздуха в различные месяцы. Задача прогноза циркуляции в средней тропосфере сводится к прогнозу эволюции ПВФЗ. Составление прогноза циркуляции на поверхности АТ-500 складывается из нескольких этапов.

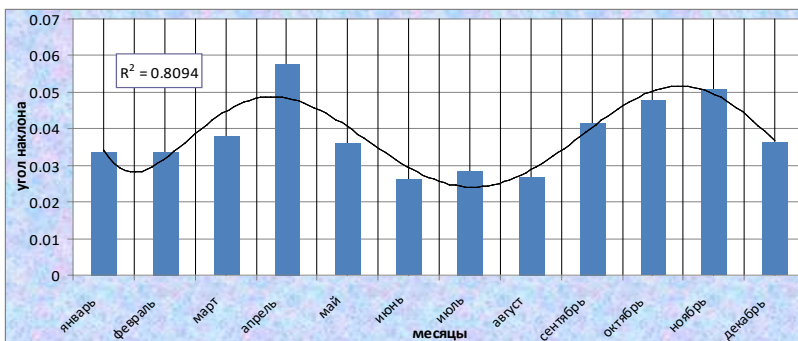


Рис. 3. Скорость изменения среднемесячной температуры воздуха

Характер распределения линейного тренда свидетельствует о том, что во всех календарных месяцах преобладает положительный тренд, температура воздуха в многолетнем ходе растет, хотя происходит это не равномерно. Имеет место годовой ход.

Наибольшая скорость повышения температуры наблюдается в месяцах переходных периодов [4]. Основной максимум (0,580 °C/10 лет) отмечается в апреле, второй (0,51 °C/10 лет) приходится на ноябрь. В холодный период тенденция роста уменьшается. Минимум приходится на июнь и составляет 0,27 °C/10 лет. Поэтому величину тенденции для каждого месяца следует использовать дифференцировано.

На рис. 4 представлены углы наклона линейного тренда среднемесячной температуры воздуха на различных долготам. Из него следует, что температура воздуха, сглаженная по долготам, за исследуемый период практически повсеместно повышалась. Ее величина связана с характером подстилающей поверхности.

Самые высокие скорости повышения температуры располагаются над центральными районами континентальных поверхностей. Особенно отчетливо это просматривается на территории Евразийского континента. Экстремальные значения (0,6°/10 лет) достигаются на меридиане Якутии. При переходе на океаническую поверхность величина тренда температуры монотонно понижается, достигая в центральных районах акваторий абсолютного минимума, и даже в районе Атлантики приобретает отрицательный знак.

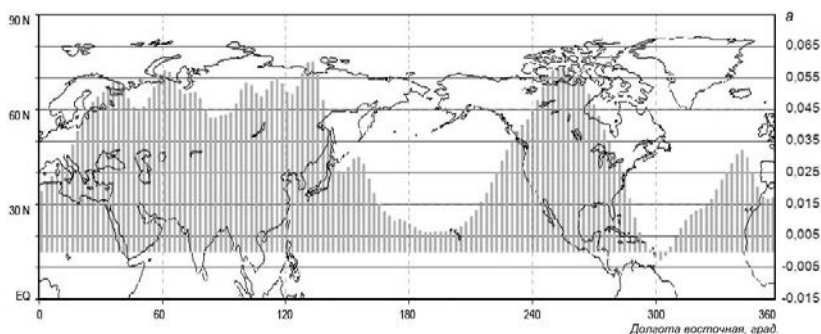


Рис. 4. Распределение величины линейного тренда по долготам

Различия в скорости повышения температуры над континентальной и океанической поверхностями создают на границах континентов значительные контрасты температур и градиенты давления, которые ответственны за формирование глубоких циклонов (особенно в районе Дальнего Востока), вызывающих стихийные бедствия [5].

Еще один механизм, ответственный за климатические колебания является контраст температуры между слоями атмосферы. На рис. 5 представлено распределение угла наклона линейного тренда, на различных уровнях атмосферы. Из рис. видно, что наиболее значительное потепление происходит на поверхности 1000 гПа.



Рис. 5. Скорость изменения температуры по изобарическим поверхностям в °С/10 лет

С увеличением высоты направление тренда сохраняется, но скорость существенно замедляется. Начиная с поверхности АТ-200 гПа,



знак меняется на противоположный. Таким образом, температура воздуха в тропосфере имеет тенденцию к повышению, в стратосфере – к уменьшению. Увеличение контраста температуры между тропосферой и стратосферой приводит к увеличению интенсивности вертикальной составляющей атмосферной циркуляции и повторяемости меридиональных процессов, а, следовательно, увеличению повторяемости опасных явлений.

### **Заключение**

Проведенное исследование показало, что современные внутренние климатические механизмы создают условия для формирования меридиональных форм циркуляции и опасных явлений погоды.

### **Список литературы**

1. Руководство по практическим работам метеорологических подразделений авиации Вооруженных Сил. М.: Воениздат, 1992. 486 с.
2. Кац А.Л. Сезонные изменения общей циркуляции атмосферы и долгосрочные прогнозы / А.Л. Кац // Л. : Гидрометеиздат, 1960. – 270 с.
3. Кислов А.В. Теория климата. / А.В Кислов // М.: Изд-во МГУ, 1989. 152 с.
4. Груза Г.В. Структура и изменчивость наблюдаемого климата. Температура воздуха Северного полушария. / Г.В. Груза, Э.Я Ранькова // Л.: Гидрометеиздат, 1980. 256 с.
5. Задорожная Т.Н. Гармонический анализ временного ряда температуры воздуха Северного полушария / Т.Н. Задорожная, Ю.В. Шипко, А.В. Битюков // Сб. статей по материалам Всероссийской научно-практической конференции : Гидрометеорологическое обеспечение. Экологическая безопасность и мониторинг. Воронеж. ВАИИ. Ч.1. 2009. – С. 91-95.

## Методы интеллектуального анализа данных в управлении химико-технологическими процессами

Н. В. Звягинцев, email: n.zvyagintsev@gmail.com

В. А. Биллиг, email: Vladimir-Billig@yandex.ru

Тверской государственный технический университет

**Аннотация.** Работа посвящена анализу управляющих воздействий, повышающих эффективность протекания химико-технологических процессов. Для прогнозирования значений целевых параметров технологического процесса строятся деревья решений на основе данных, полученных как экспериментально, так и по результатам компьютерного моделирования. Предложенный подход апробирован на процессе карбонилирования олефинов, имеющем важное практическое значение (в том числе в фармацевтической промышленности как способ производства нестероидных жаропонижающих препаратов группы ибупрофена).

**Ключевые слова:** Объект управления, Data Mining, интеллектуальный анализ данных, деревья решений, химико-технологические процессы, карбонилирование олефинов.

### Введение

Управление химико-технологическими процессами (ХТП) является важной задачей, позволяющей существенно повысить эффективность протекания процессов. ХТП включают множество этапов, в том числе подвод реагирующих процессов, непосредственно химическое превращение, отвод и очистка продуктов [1, 2]. Для многих ХТП решающим этапом являются именно химические реакции превращения, на протекании которых влияет ряд факторов: давление, температура, концентрации компонентов, природа растворителя и состав каталитической системы.

Объектами управления ХТП являются выход целевого продукта (отношение массы целевого продукта к теоретически возможному), конверсия исходного вещества (отношение массы израсходованного субстрата к начальной массе), а также средняя скорость самого процесса, которая выражается через изменение концентраций компонентов химического превращения. В литературе накоплено значительное количество экспериментальных данных о протекании многих процессов, поэтому использование методов и алгоритмов Data

Mining (Интеллектуального анализа данных) позволяет провести анализ влияния различных факторов на протекание процесса. Кроме того, формирование выборок для дальнейшего анализа с применением методов Data Mining мы реализовали на основе кинетических моделей.

### **1. Подготовка и обработка данных**

Подготовка данных для обработки является важным этапом, на котором производится кодирование информации о химическом строении компонентов, масштабирование данных, а также загрузка необходимых справочных данных. Кодирование информации о химическом строении подразумевает формирование вектора признаков о наличии в соединении некоторых атомов, фрагментов или химических связей, с последующим добавлением в результирующую выборку. Для автоматизации кодирования полезно использовать различные библиотеки, в частности ChemFormula [3], реализованную на Python.

Результирующие выборки для дальнейшего исследования мы формируем как на полностью экспериментальных данных, взятых в работах [4-9], так и на основе кинетических моделей. При работе с данными на основе кинетических моделей формируется сетка концентраций, выбирается время интегрирования и производится расчет, например методом Эйлера [10]. В данной работе рассматривается модельная выборка, рассчитанные на основе кинетической модели из [11], алгоритм формирования детально рассмотрен в [12]. В зависимости от исходных данных, в результирующую выборку может быть добавлено время проведения процесса (если оно различается для разных записей в выборке).

### **2. Обработка данных методами Data Mining**

После подготовки результирующей выборки производится анализ данных, в результате которого определяются наиболее значимые признаки, формируются ассоциативные правила, позволяющие влиять на протекание химического превращения.

В данной работе исследуется протекание процесса карбонилирования ряда олефинов. Данное химическое превращение хорошо изучено, поэтому удалось собрать достаточно представительную выборку [4-9], содержащую экспериментальные данные о влиянии различных условий на получение целевого продукта.

В состав результирующей выборки включены:

- конверсия исходного вещества (целевой параметр),
- селективность (целевой параметр),
- давление,
- температура,

- состав исходного олефина,
- состав катализатора (для входных параметров).

Давление пересчитано в атмосферах, температура в градусах Цельсия. На основе информации о химическом составе были сформированы атрибуты булева типа:

- `l_has_p` — в состав лиганда входит атом фосфора,
- `substr_n_c` — количество атомов углерода в олефине,
- `substr_ol` — субстрат является спиртом,
- `prec_cl` — катализатор содержит атом хлора,
- `acid_type` – тип кислоты (органическая или не органическая).

Построение дерева классификации является полезным при выявлении управляющих воздействий на ХТП. При построении дерева классификации используются следующие критерии – примесь Джини и энтропия.

Примесь Джини считается по формуле:

$$gini = \sum_{i=1}^N (1 - p_i^2) \quad (1)$$

Энтропия считается по формуле Шеннона:

$$entropy = - \sum_{i=1}^N p_i \log_2(p_i) \quad (2)$$

В приведенных выше формулах  $p_i$  — вероятность появления классов.

При построении дерева классификации предварительная классификация выполняется только для целевого параметра, представленного тремя классами (для разбиения на классы используются одинаковые интервалы). Для входных параметров сохраняются исходные данные непрерывного типа.

Исходная выборка разбивается на две – обучающую выборку и контрольную выборку, позволяющую оценить качество классификации.

На Рис. 1. представлено дерево классификации (ограниченное четырьмя уровнями), сформированное с применением алгоритма `DecisionTreeClassifier`, реализованного в библиотеке `sclearn` для Python.

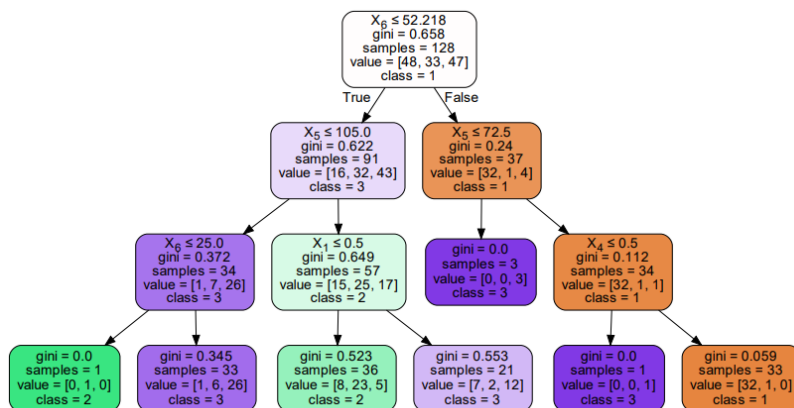


Рис. 1. Дерево классификации, сформированное на основе экспериментальной выборки с применением алгоритма DecisionTreeClassifier

При построении дерева найдены два наиболее информативных параметра – давление и температура. Интерпретация результатов показывает, что максимальная селективность процесса достигается в интервале температур от 72 до 105 °C и при давлении до 25 атм.

На основе кинетической модели процесса карбонилирования стирола [11] сформирована выборка, содержащая 30420 записей. Данная выборка содержит следующие параметры:

- Концентрацию стирола,
- Концентрацию воды,
- Концентрацию катализатора,
- Давление,
- Температуру.

На основе данной выборки построено дерево регрессии с использованием алгоритма DecisionTreeRegressor из пакета tree, входящего в библиотеку sklearn для Python. Данный алгоритм строит бинарное дерево, отличаясь от алгоритма построения дерева классификации DecisionTreeClassifier критерием разбиения множества примеров на два подмножества. В данном алгоритме используется критерий MSE (Mean Square Error), минимизирующий среднеквадратичную ошибку, вычисляемую для выходного параметра на множестве примеров, получаемых в результате разбиения. Модельная выборка также была разбита на две - обучающую (21293 записей) и

тестовую. На обучающей выборке было построено дерево регрессии (рис. 2.Рис. 2. ).

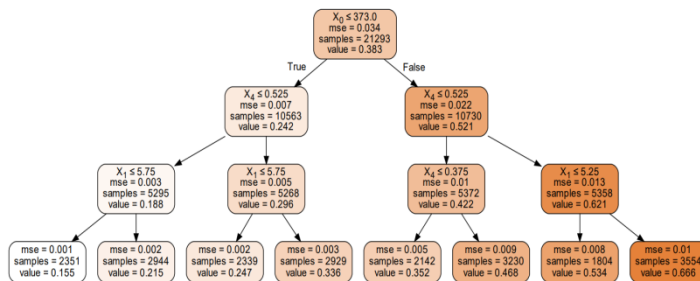


Рис. 2. Дерево регрессии, сформированное с применением алгоритма DecisionTreeRegressor по модельной выборке

### 3. Управление химико-технологическими процессами

Деревья решений позволяют прогнозировать значения целевых параметров при тех или иных управляющих воздействиях. Важной задачей является получение оценки стоимости управляющих воздействий на технологический процесс. Управление ХТП может сталкиваться с рядом ограничений, которые могут влиять на выбор целевых значений объекта управления. Так, проведение ХТП с выходом более 90% при высокой температуре может быть менее оправданным, чем проведение этого же ХТП при более низкой температуре и давлении. Например, для модельной выборки, описанной в данной работе, давление меняется в интервале от 4 до 8 атмосфер, температура в интервале от 95 до 105 °С. Исходя из правил Зеленой химии, сформулированной в [13], необходимо учитывать энергетические затраты и их влияние на окружающую среду и стоимость продукта. Синтез желателен проводить при температуре, близкой к температуре окружающей среды, и при атмосферном давлении.

В работе [14] предложены оценки стоимости температуры  $T_S$  и давления  $T_P$  при проведении ХТП. Исходя из необходимости уменьшить стоимость давления и температуры, повысив конверсию продукта, в [14] предложено несколько оценок  $\varepsilon_{tot}$ , в данной работе оценка эффективности предложена в виде:

$$\varepsilon_{tot} = \begin{cases} 1 - conv + P_S + P_T, & 1 - conv + P_S + P_T \leq 1 \\ 1, & 1 - conv + P_S + P_T > 1 \end{cases} \quad (3)$$

Очевидно, наиболее эффективны физические условия с минимальным значением величины  $\varepsilon_{tot}$ . В таблице представлены оценки эффективности условий протекания процесса карбонилирования стирола, рассчитанные по формуле (3) на основе экспериментальных данных из [8].

Таблица 1

*Оценка эффективности условий проведения процесса карбонилирования стирола*

№	$conv$	$T, ^\circ C$	$P, атм$	$T_S$	$P_S$	$I-conv$	$\varepsilon_{tot}$
1	0.73	40	30	0.18	0.26	0.27	0.71
2	0.81	60	30	0.08	0.26	0.19	0.53
3	0.89	80	30	0.02	0.26	0.11	0.39
4	0.98	100	30	0.00	0.26	0.02	0.28
5	0.93	100	20	0.00	0.51	0.07	0.58
6	0.75	100	40	0.00	0.69	0.25	0.94

Исходя из выбранной методики оценки, наиболее эффективны условия из эксперимента №4.

### Заключение

В работе рассматриваются ряд вопросов управления химико-технологическими процессами. Важной задачей является выявление управляющих воздействий, для поиска которых применены методы и алгоритмы Data Mining. Поиск управляющих воздействий показан на примере процесса карбонилирования олефинов, имеющем важное практическое значение. В частности, показано большое влияние на протекания данного процесса температуры и давления. Показаны также способы оценки условной стоимости управляющих воздействий на протекание процесса.

### Список литературы

1. Кафаров В. В. Принципы математического моделирования химико-технологических систем (Введение в системотехнику химических производств) / В. В. Кафаров, В. Л. Перов, В. П. Мешалкин // М.: Химия, 1974. – 344 с.
2. Вильямс, Т. Д. Проектирование химико-технологических процессов методами системотехники. Ленинград: Химия, 1967. – 187 с.

3. Указатель пакетов Python'a (Python Package Index — PyPI). – Режим доступа: <https://pypi.org/project/chemformula/>
4. Regioselective synthesis of ibuprofen via the palladium complex catalyzed hydrocarboxylation of 1-(4-isobutylphenyl) ethanol / Jang E. J. et al // *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, 138 (1999), 25–36.
5. Ionescu A. Regioselectivity in aqueous palladium catalysed hydroxycarbonylation of styrene: a catalytic and mechanistic study / Ionescu A., Laurenczy G., Wendt O. F. // *Dalton Trans.*, 2006, 3934–3940.
6. Kruis D. Highly selective hydrocarboxylation of styrene with oxalic acid or water using palladium or ruthenium arene-thiolates with intramolecular coordinating nitrogen Lewis bases / D. Kruis // *Inorganic Chemistry Communications*, 1 (1998), 295–298.
7. Bianchini C. Bis-alkoxycarbonylation of styrene by pyridinimine palladium catalysts / C. Bianchini // *New J. Chem.*, 2002, 26, 387–397.
8. del Rio I. Hydroxycarbonylation of styrene with palladium catalysts. The influence of the mono- and bidentate phosphorus ligand / I. del Rio // *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, 161 (2000), 39–48.
9. Jayasree S. Highly active supported palladium catalyst for the regioselective synthesis of 2-arylpropionic acids by carbonylation / Jayasree S., Seayad A., Chaudhari R. V. // *Chem. Commun.*, 1999, 1067–1068.
10. Полак Л. С. Вычислительные методы в химической кинетике. / Л. С. Полак, М. Я. Гольденберг, А. А. Левицкий // М.: Наука, 1984. – 280 с.
11. Li Y. Studies in hydrocarboxylation of styrene and derivatives using palladium complex catalysts. PhD Thesis, 2010.
12. Биллиг В. А. Алгоритмы Data Mining при поиске эффективных условий проведения химических реакций / Биллиг В. А., Звягинцев Н. В. // *Вестник ТвГУ. Серия: Прикладная математика*, 2021, № 4, 29–42.
13. Anastas, P. T. *Green Chemistry: Theory and Practice* / P. T. Anastas, J. C. Warner // Oxford University Press: New York, 1998. – 135 p.
14. Звягинцев Н. В. Оценка эффективности условий проведения химических реакций / Звягинцев Н. В., Биллиг В. А. // *Программные продукты и системы*. 2022. Т. 35. № 2. С. 273–278.



## Исследование работы оптико-электронных систем программными средствами

И. Р. Кабиров, email: ilsur.inbox@gmail.com,

Д. С. Монгуш, В. Г. Бондарев, Д. В. Лопаткин, С. В. Ипполитов

ВУНЦ ВВС «ВВА им. Проф. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

**Аннотация.** *В статье рассмотрены аспекты проектирования оптико-электронных систем в контексте оптимального выбора их параметров. Предложена методика исследования работы проектируемой оптико-электронной системы при помощи программных средств посредством спектрально-энергетического расчета с целью получения как качественной, так и количественной оценки детектирования полезного сигнала в условиях воздействия помех. Представлены результаты экспериментальных исследований.*

**Ключевые слова:** *оптико-электронные системы и приборы, техническое зрение, фотоника, оптотехника.*

### Введение

В настоящее время оптико-электронные технологии находят все более широкое применение в различных сферах деятельности человека: в народном хозяйстве, научных исследованиях, связи, военной и космической технике и многих других областях. Все большее развитие получают системы технического зрения не только в составе роботизированной техники, автомобилях, но и в системах контроля качества на производстве и на борту летательных аппаратов.

Одним из этапов проектирования оптико-электронной системы (ОЭС) является анализ возможных сценариев ее применения в реальных условиях и оптимальный выбор спектрального рабочего диапазона длин волн, который бы обеспечивал высокое соотношение сигнал/шум для решения поставленных задач системами конкретного назначения. Совершенствование методов проектирования и испытаний ОЭС, в частности, дальнейшее развитие предварительного компьютерного моделирования самих систем и условий их эксплуатации представляется актуальной задачей.

Исходными данными, необходимыми для оценки функционирования оптико-электронных приборов (ОЭП), входящих в состав ОЭС, являются:

- спектрально-энергетические характеристики возможных источников полезных сигналов, безошибочный прием которых требуется обеспечить;
- спектрально-энергетические характеристики возможных источников оптических помех, которые требуется максимально подавить;
- спектральные характеристики чувствительности цифровых матриц ОЭП;
- условия работы проектируемой ОЭС (время суток, погодные условия, работа против солнца и т.д.);
- спектральные характеристики пропускания интерференционных фильтров, применяемых для повышения соотношения сигнал/шум;
- спектральные характеристики отражающей способности (альbedo) различных поверхностей земной поверхности.

Для повышения помехозащищенности приходится также следить за оптимальным соотношением между параметрами ОЭП, объекта интереса, а также среды распространения излучения.

### **1. Методика исследования работы оптико-электронной системы**

Для анализа работы проектируемой ОЭС можно использовать прикладное программное обеспечение. Покажем, как использовать такой инструментарий.

В рамках проведения эксперимента использовалась ОЭС, состоящая из монохромной матричной камеры Hikrobot MV-CA016-10GM и узкополосного интерференционного фильтра Azure BP950EN, параметры и характеристики которых представлены в соответствующих спецификациях производителей. Причем спектральные характеристики приводятся в виде графиков, а значит могут быть использованы для программных расчетов только после их оцифровки. В заданном диапазоне график можно аппроксимировать функцией, представленной разложением ряда Фурье с конечным количеством его членов. Однако такое решение задачи при условии необходимости высокой сходимости функции с графиком может быть громоздким и в целом избыточным. Таким образом, достаточным выглядит получение массива значений точек графика с определенной частотой дискретизации, которая выбирается в зависимости от вида графика. Очевидно, что чем больше выбросов значений имеет график, тем на большее количество интервалов необходимо разделять график для уменьшения погрешности.

Процесс оцифровки графиков можно осуществить при одной из существующих программ по оцифровке графиков (например, GetData

Graph Digitizer). Обозначая оси с минимальным и максимальным значением по осям и задавая необходимую частоту дискретизации по оси абсцисс, получаем набор точек, который экспортируем в таблицу Microsoft Excel (рис. 1).

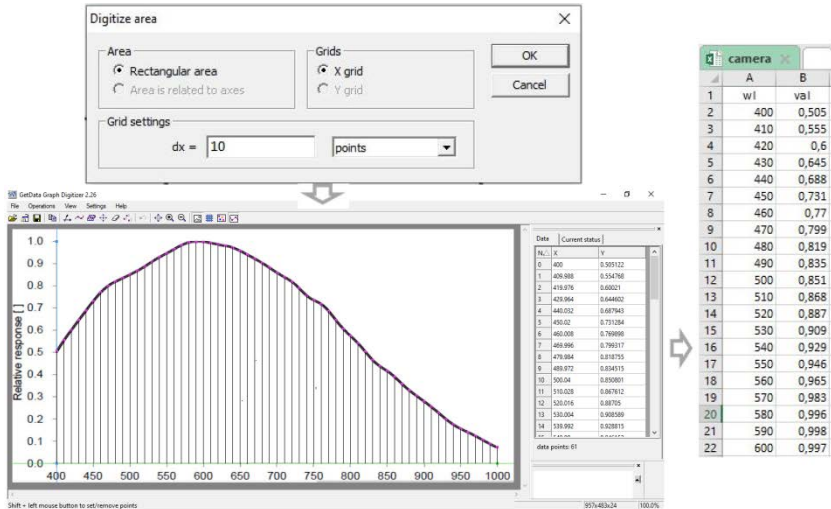


Рис. 1. Оцифровка графика спектральной характеристики чувствительности камеры

Далее в программной среде Matlab импортируем сохраненный файл с расширением .xls с массивом точек. Аналогичным образом поступаем с графиком спектральной характеристики пропускания фильтра. Перемножив массивы значений двух графиков (рис. 2), получаем результирующую спектральную характеристику чувствительности камера, оборудованной фильтром (рис. 3). Ключевым аспектом подобных вычислений является выбор одинаковых значений длин волн по оси абсцисс. То есть при выборе единой для характеристик всех элементов ОЭС частоты дискретизации необходимо ориентироваться на график, имеющий большее количество выбросов.

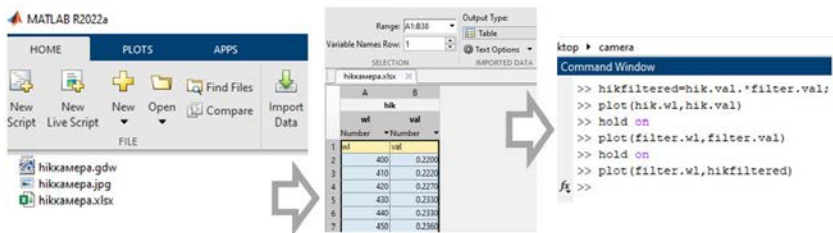


Рис. 2. Работа с массивами точек и построением графиков в среде Matlab

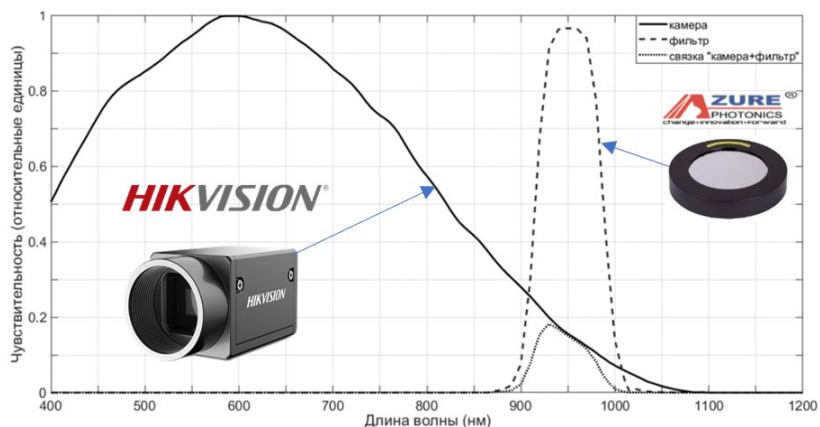


Рис. 3. Спектральные характеристики чувствительности камеры и пропускания фильтра и результирующей спектральной характеристики ОЭС

Для расчетов конкретной ОЭС иногда требуется заранее выяснить особенности ее работы в различных сценариях обстановки. С этой целью, имея спектрально-энергетические характеристики излучения источников оптического излучения помехи (например, Солнца), полезного сигнала (например, ИК-светодиодов), а также предполагаемых элементов ОЭС (камеры, фильтра), можно получить спектральные характеристики излучения, попадающего непосредственно на матрицу и оценить соотношение сигнал/шум.

Как известно, основным и наиболее мощным источником оптического излучения в светлое время суток является Солнце, излучение которого блокирует нормальную работу ОЭС из-за высокой

энергии светимости в широком и практически непрерывном спектре длин волн.

С физической точки зрения Солнце представляет собой практически абсолютное черное тело, эффективная температура которого примерно равняется 5800 К. Однако, достигая поверхности Земли солнечное излучение испытывает поглощение и рассеяние в атмосфере, из-за чего теряет энергию, особенно в видимой и ближней ИК-зоне излучения, и имеет участки спектра, в которых ослабляется в значительной мере или даже полностью блокируется атмосферой, что обуславливает видимую разницу между графиками, полученными для солнечного излучения вне атмосферы Земли и на уровне моря (рис. 4).

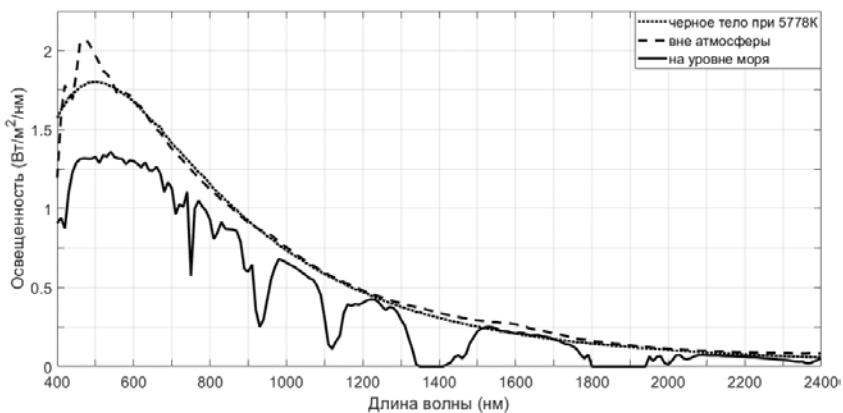
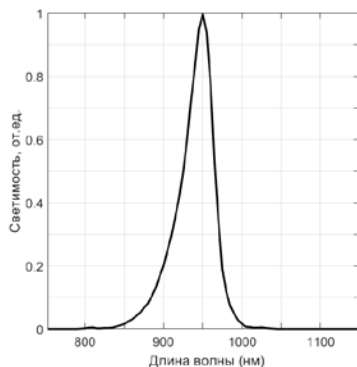


Рис. 4. Спектральный состав солнечного излучения

На рис. 5,а приведен фотоснимок ОЭС, запечатлевший излучение маячной группы из 3-х ИК-светодиодов с длиной волны 950 нм со спектральной характеристикой, представленной на рис. 5,б. Как можно отметить, солнечное излучение ослабляется интерференционным фильтром, так как его спектральная характеристика пропускания в значительной мере совпадает со спектральным диапазоном ослабления солнечного излучения атмосферой (~900-950 нм). Картина излучения светодиодов, мощность которых составляет всего 1 Вт, практически не претерпевает изменений в светимости, что обусловлено совпадением спектра их излучения со спектром пропускания фильтра. При увеличении мощности источников полезного сигнала и работе в диапазоне, в котором солнечное излучение минимально, возможно получить много большее соотношение сигнал/шум на фотоматрице, а значит выделять полезный сигнал с большей эффективностью.



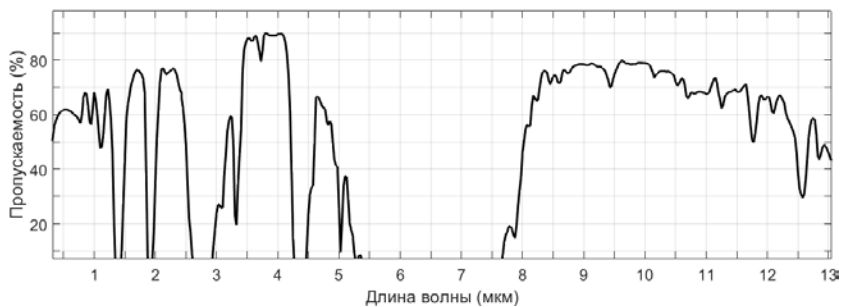
а



б

*Рис. 5.* Кадр излучения на фоне Солнца маячной группы из трех ИК-светодиодов (а) и их спектральная характеристика (б)

Что касается распространения излучения в приземном слое, то наиболее мощным поглощением обладают молекулы воды  $H_2O$ , углекислого газа  $CO_2$ , озона  $O_3$ , слабее поглощают молекулы закиси азота  $N_2O$ , угарного газа  $CO$ , метана  $CH_4$ . В совокупности они создают так называемую картину поглощения излучения атмосферой (рис. 6), в которой отмечается наличие «окон» пропускания в диапазонах: 1,2-1,4; 1,5-1,8; 2,1-2,4; 3,3-4,2; 4,5-5; 8-13 мкм.



*Рис. 6.* Картина поглощения излучения атмосферой в приземном слое

Исходя из вышеизложенного, для эффективной работы в сложных метеоусловиях (дождь, туман, снег, дым) предпочтительно использовать

длину волны излучения, находящуюся в одном из таких «окон» пропускания (1,2-1,4 или 1,5-1,8 мкм), а также и в зоне минимума спектра солнечного излучения (1,33-1,43 мкм). Как видим, одного спектрального диапазона, обеспечивающего одинаково хорошую работоспособность ОЭС в сложных метеоусловиях и одновременно против солнца не существует, поэтому целесообразно использовать длину волны 1,38 мкм для работы ОЭС против солнца, а 1,54 мкм - при работе в условиях плохой видимости. Отечественная промышленность освоила производство мощных полупроводниковых ИК-лазеров, особенностью которых является когерентность излучения, а также камеры коротковолнового ИК-диапазона (0,9-1,7 мкм) и узкополосные интерференционные фильтры, обеспечивающие в совокупности работу ОЭС даже в трудных условиях.

Работу ОЭС при наличии достаточных исходных данных можно оценить не только качественно, но и количественно. Покажем это на примере проведенного эксперимента. В кадре съёмки вышеупомянутой ОЭС были размещены различные источники оптического излучения наряду с группой из трех маячков на основе ИК-светодиодов с длиной волны 940 нм, являющихся для нас в данном случае источником «полезного сигнала». Левая фотография (рис. 7,а) была сделана без интерференционного фильтра, а правая (рис. 7,б) – с установленным фильтром.

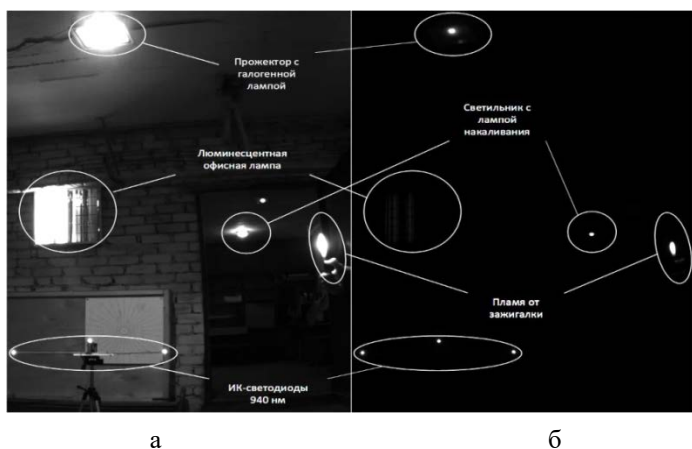


Рис. 7. Фотоснимки сравнения излучения группы ИК-маячков на фоне других источников излучения без применения фильтра (а) и с применением фильтра (б)

Как можно наблюдать, после применения фильтра менее всего в яркости потеряли ИК-маячки, пламя от зажигалки, светильник с лампой накаливания, в большей степени – прожектор с галогенной лампой. Свечение люминесцентной офисной лампы практически перестало быть различимым.

Оценим данные эффекты количественно. Для этого оцифровываем типовые графики спектральных характеристик. Путем умножения полученных массивов точек при помощи пакета MatLab получаем спектральные характеристики светимости источников излучения путем умножения их типовых спектральных характеристик излучения последовательно сначала на спектральную характеристику чувствительности используемой камеры (рис. 8,а) и на спектральную характеристику пропускания используемого фильтра (рис. 8,б).

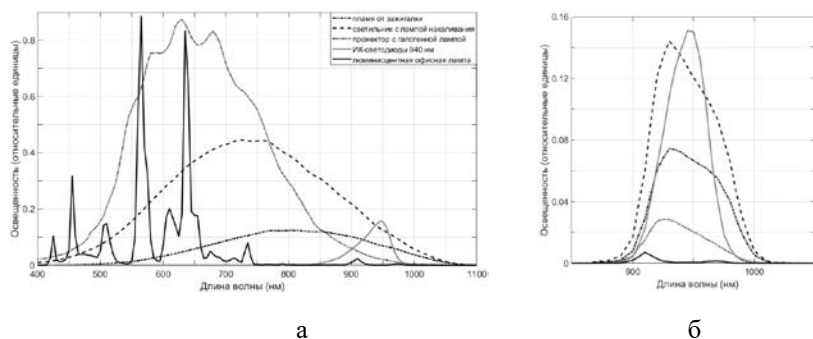


Рис. 8. Спектральные характеристики излучения на матрице камеры без применения фильтра (а) и с применением фильтра (б)

Площадь под графиком спектральной характеристики источника излучения на матрице определяет интегральный уровень освещенности, получаемый от данного источника. Имея массив точек графика, эту площадь можно вычислить методом трапеций при помощи функции  $\text{trapz}(x,y)$ , где  $y$  – значение функции (освещенность по спектру),  $x$  – значение переменной (длина волны). Получая таким образом численные значения энергетической яркости источников излучения на матрице камеры при снятом и установленном фильтре, хоть и в относительных единицах, и разделяя вторые величины на первые, получаем так называемый коэффициент пропускания излучения конкретного источника, который выражен безразмерной величиной в диапазоне от 0 до 1, где 0 означает блокировку излучения источником фильтром, а 1 – его полное пропускание через фильтр.



Таблица 1

*Яркости источников излучения до и после применения фильтра*

	Источник излучения	Освещенность, отн. ед.		Коэффициент пропускания излучения через фильтр
		без фильтра	с фильтром	
1	ИК-светодиоды 940 нм	9,271	6,439	0,695
2	Пламя от зажигалки	38,582	4,962	0,129
3	Светильник с лампой накаливания	144,668	9,133	0,063
4	Прожектор с галогенной лампой	207,343	1,619	0,008
5	Люминисцентная офисная лампа	38,130	0,219	0,006

Полученные результаты, представленные в табл. 1, достаточно точно отражают эмпирически полученные результаты.

### Заключение

В статье рассмотрены некоторые аспекты проектирования ОЭС в контексте оптимального выбора их параметров с учетом возможных сценариев работы. Исследование работы проектируемой ОЭС целесообразно проводить при помощи программных средств посредством спектрально-энергетического расчета с целью получения как качественной, так и количественной оценки детектирования полезного сигнала в условиях воздействия помех, а также выработки рекомендаций по повышению соотношения сигнал-шум. Представленная методика опробована в эксперименте с имеющимся в распоряжении оборудованием (матричная камера, интерференционный фильтр, источники излучения).

### Список литературы

1. Якушенков Ю.Г. Теория и расчет оптико-электронных приборов учебник для ВУЗов / Ю. Г. Якушенков. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Логос, 2012. – 568 с.
2. Козирацкий Ю.Л. Обнаружение и координатометрия оптико-электронных средств, оценка параметров их сигналов. Монография. / Под ред. Ю.Л. Козирацкого. – М.: Радиотехника, 2015. – 456 с.
3. Козирацкий А.Ю. Оптико-электронные устройства: учебное пособие./ А.Ю. Козирацкий, А.И. Гревцев, В.В. Капитанов, А.В. Алабовский // Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2017. – 144 с.
4. Бондарев В.Г. Обоснование выбора источников излучения для системы технического зрения в задаче автоматической посадки беспилотных летательных аппаратов / В.Г. Бондарев, В.В. Проценко, А.М. Агеев // Компьютерная оптика. – 2022. – Т. 46, – № 2. – С. 239–245.

# Оценка разрешения величин диэлектрической и магнитной проницаемостей соседних слоев многослойных магнитодиэлектрических покрытий методом поверхностных электромагнитных волн путем имитационного моделирования

А. И. Казьмин, email: alek-kazmin@yandex.ru

П. А. Федюнин, email: fpa1@yandex.ru

В.А. Манин, email: fanni.05@mail.ru

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. проф. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина»  
(г. Воронеж)

**Аннотация.** *Представлены результаты исследования, подтверждающие высокую эффективность применения поверхностных электромагнитных волн СВЧ диапазона для оценки электрофизических параметров многослойных магнитодиэлектрических покрытий. Обоснован и введен статистический предел разрешения соседних слоев многослойных магнитодиэлектрических покрытий методом поверхностных электромагнитных волн, что позволяет оценить метод в возможности различения двух близких величин комплексных диэлектрических и магнитных проницаемостей соседних слоев в многослойном покрытии.*

**Ключевые слова:** *Многослойное магнитодиэлектрическое покрытие, метод поверхностных электромагнитных волн, комплексные диэлектрическая и магнитная проницаемости, оценка, предел статистического разрешения, имитационная модель*

## Введение

Многослойные магнитодиэлектрические покрытия (ММДП) широко применяются в различных областях науки и техники при работе в сверхвысокочастотном (СВЧ) диапазоне. Эффективность таких покрытий определяется их электрофизическими и геометрическими параметрами (ЭФГП). Таким образом, разработка новых методов оценки ЭФГП многослойных ММДП является актуальной научной задачей [1].

Особенностью измерения ЭФГП ММДП заключается в том, что измерения необходимо проводить в диапазоне частот, в котором работает покрытие. При этом важно оценить, как меняются ЭФГП по поверхности исследуемого образца в ходе его эксплуатации. Исходя из этого, метод должен обеспечивать односторонний доступ к объекту контроля с высокой локальностью и точностью контроля.

В [1] показано, что повышение эффективности контроля ЭФГП и оценки дефектов ММДП возможно путем применения поверхностных электромагнитных волн (ПЭМВ) СВЧ диапазона. В качестве информативного параметра при этом измеряется не продольная постоянная распространения  $\dot{\gamma}$ , а связанная с ней величина – поперечное волновое число, характеризующее распределение поля ПЭМВ в свободном пространстве по нормали к поверхности покрытия – комплексный коэффициент ослабления поля ПЭМВ  $\dot{\alpha}(f_k, \xi_{\Pi})$ , где  $\xi_{\Pi} = \{\dot{\epsilon}_n, \dots, \dot{\epsilon}_N, \dot{\mu}_n, \dots, \dot{\mu}_N, t_n, \dots, t_N\}$ ,  $\dot{\epsilon}_n, \dots, \dot{\epsilon}_N, \dot{\mu}_n, \dots, \dot{\mu}_N$  – комплексные относительные диэлектрические и магнитные проницаемости слоев;  $t_n, \dots, t_N$  – толщины слоёв N-слойного ММДП.

### 1. Метод оценки электрофизических параметров многослойных магнитодиэлектрических покрытий с использованием поверхностных электромагнитных волн

На рис. 1 приведена геометрия многослойного ММДП с диэлектрическими и магнитными потерями, размещенного на металлической подложке.

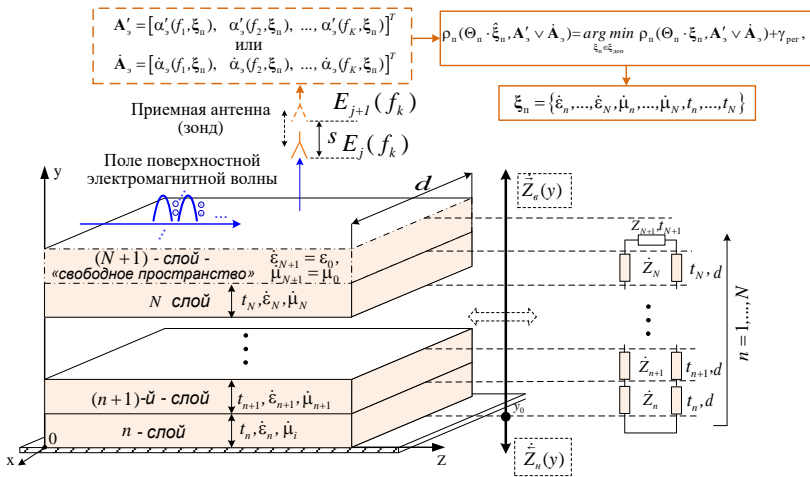


Рис. 1. Геометрия многослойного ММДП на металлической подложке

Разработанный в [1] метод заключается в оценке ЭФГП многослойных ММДП по частотной зависимости комплексного коэффициента ослабления поля ПЭМВ, возбуждаемой в исследуемом

образце, на основе решения нелинейных уравнений, путем минимизации целевых функций, построенных как функционалы от невязок между экспериментальными коэффициентами ослабления  $\dot{\alpha}_\vartheta(f_k, \xi_\Pi)$  и теоретическими значениями  $\dot{\alpha}_T(f_k, \xi_\Pi)$ , вычисляемыми в ходе минимизации по модели частотной зависимости коэффициента ослабления поля ПЭМВ многослойных РППМ.

Оценка ЭФГП сводится к поиску максимума совместной плотности распределения вероятностей (МСПРВ) экспериментальных коэффициентов ослабления поля ПЭМВ на К-частотах. Функция логарифмического правдоподобия экспериментального коэффициента ослабления для оценки максимума совместной плотности распределения вероятностей на К-частотах имеет следующий вид [1]:

$$L(\mathbf{A}_\vartheta; \xi_1) = -K \ln(\sqrt{\pi N_0}) - \frac{K}{N_0} |\mathbf{A}_\vartheta - \mathbf{A}_T|^2, \quad (1)$$

где  $\mathbf{A}_\vartheta$  и  $\mathbf{A}_T$  – вектор-столбцы, со следующими компонентами:

$$\mathbf{A}_\vartheta = [\dot{\alpha}_\vartheta(f_1, \xi_1), \dot{\alpha}_\vartheta(f_2, \xi_1), \dots, \dot{\alpha}_\vartheta(f_K, \xi_1)]^T,$$

$$\mathbf{A}_T = [\dot{\alpha}_T(f_1, \xi_1), \dot{\alpha}_T(f_2, \xi_1), \dots, \dot{\alpha}_T(f_K, \xi_1)]^T,$$

где  $N_0$  – общая мощность шума, присутствующего в измерении,  $N_0 = 2\sigma_k^2$ ,  $\sigma_k^2$  – дисперсия аддитивного некоррелированного гауссовского шума с нулевым математическим ожиданием, присутствующего в измерении.

Модель частотной зависимости коэффициента ослабления поля ПЭМВ многослойных ММДП представляет собой дисперсионное уравнение для ПЭМВ Е- или Н-типов  $D[\dot{\alpha}_T(f_k, \xi_1)]$  в многослойных ММДП, позволяющее однозначно определять частотную зависимость комплексного коэффициента ослабления поля ПЭМВ  $\dot{\mathbf{A}}_T = [\dot{\alpha}_T(f_1, \xi_1), \dot{\alpha}_T(f_2, \xi_1), \dots, \dot{\alpha}_T(f_K, \xi_1)]^T$ , при задании вектора ЭФГП  $\xi_1 = \{\dot{\varepsilon}_n, \dots, \dot{\varepsilon}_N, \dot{\mu}_n, \dots, \dot{\mu}_N, t_n, \dots, t_N\}$  и частоты  $f_k$ . В соответствии с [1] итоговое дисперсионное уравнение для многослойного РППМ может быть представлено в следующем виде:

$$D[\dot{\alpha}_T(f_k, \xi_1); f_k] \equiv \dot{Z}(n, \dots, N+1) = 0, \quad (2)$$

где  $\dot{Z}(n, n+1)$  – характеристическое сопротивление n-слоя покрытия, нагруженного на характеристическое сопротивление n+1-слоя

покрытия;  $\dot{Z}_n$  – характеристическое сопротивление  $n$ -слоя покрытия;  $\dot{Z}_{n+1}$  – характеристическое сопротивление  $n+1$ -слоя покрытия и т.д. для всех слоев многослойного РППМ.

Отличие величин комплексных диэлектрических и магнитных проницаемостей соседних слоев  $n$  и  $n+1$  будем характеризовать относительными коэффициентами различия (КР) измеряемых величин  $\varepsilon'_n, \varepsilon'_{n+1}, \varepsilon''_n, \varepsilon''_{n+1}, \mu'_n, \mu'_{n+1}, \mu''_n$  и  $\mu''_{n+1}$ : две пары коэффициентов, характеризующих отличие между собой комплексных диэлектрических проницаемостей ( $\lambda_{\varepsilon'}$  и  $\lambda_{\varepsilon''}$ ) и пара коэффициентов, характеризующих отличие комплексных магнитных проницаемостей ( $\lambda_{\mu'}$  и  $\lambda_{\mu''}$ ):

$$\lambda_{\varepsilon'} = \left| 1 - \frac{\varepsilon'_n}{\varepsilon'_{n+1}} \right|; \lambda_{\varepsilon''} = \left| 1 - \frac{\varepsilon''_n}{\varepsilon''_{n+1}} \right|; \lambda_{\mu'} = \left| 1 - \frac{\mu'_n}{\mu'_{n+1}} \right|; \lambda_{\mu''} = \left| 1 - \frac{\mu''_n}{\mu''_{n+1}} \right|, \quad (3)$$

где  $\varepsilon'_n, \varepsilon'_{n+1}$  и  $\varepsilon''_n, \varepsilon''_{n+1}$  – действительные и мнимые части комплексной диэлектрической проницаемости  $n$  и  $n+1$  слоев многослойного ММДП;  $\mu'_n, \mu'_{n+1}, \mu''_n$  и  $\mu''_{n+1}$  – действительные и мнимые части комплексной магнитной проницаемости  $n$  и  $n+1$  слоев многослойного ММДП.

Таким образом, оценка статистического предела разрешения может быть сведена к оценке минимальных значений КР  $\lambda_{\varepsilon'}, \lambda_{\varepsilon''}, \lambda_{\mu'}$  и  $\lambda_{\mu''}$ .

Для оценки величины  $\hat{\lambda}$  примем, что оно принимает конечный дискретный набор возможных значений  $\lambda \in \{\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_N\}$ , при этом,  $\lambda_1 = 0$  и соответствует случаю, когда параметры соседних слоев равны между собой ( $\dot{\varepsilon}_n = \dot{\varepsilon}_{n+1}$  или  $\dot{\mu}_n = \dot{\mu}_{n+1}$ ). При этом, для достоверной оценки статистического предела разрешения число оценок  $\hat{\lambda} - N$  должно быть достаточно велико (например,  $N = 1000$  и более).

Средняя квадратическая ошибка  $\Delta$  по всем возможным значениям коэффициента КР (задаваемым значениям)  $\lambda \in \{\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_N\}$  представим следующим образом:

$$\Delta = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N / \hat{\lambda}_n - \lambda_n / ^2, \quad (4)$$

где  $\lambda_n$  –  $n$ -величина коэффициента КР, полученная при минимизации целевой функции (2.33).

Для доверительной вероятности  $p$ ,  $0 \leq p \leq 1$ , полученной оценки  $\Delta$ , нижний предел статистического разрешения  $\nu$  можно представить в следующем виде:

$$\nu = \sqrt{2}\zeta\sqrt{\Delta}, \quad (5)$$

где  $p$  – вероятность того, что фактическая величина КР  $\lambda$  лежит в пределах разрешения вокруг предполагаемой величины  $\hat{\lambda}$ , значение  $\zeta$  определяется путем решения уравнения:

$$p = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{x-\zeta}^{x+\zeta} e^{-\frac{x^2}{2}} dx, \quad (6)$$

где  $x = (\lambda_n - \bar{\lambda}_n) / \sigma_{\lambda_n}$ ;  $\zeta$  – квантиль нормального распределения.

## 2. Имитационное моделирование оценки статистического предела разрешения

Для численных исследований была разработана имитационная модель в системе Matlab [2]. Модель реализована в виде трех основных подпрограмм: подпрограммы, реализующей модели частотных зависимостей коэффициентов ослабления поля ПЭМВ многослойных ММДП, подпрограммы, реализующей решение нелинейных дисперсионных уравнений путем минимизации целевых функций и подпрограммы ее минимизации.

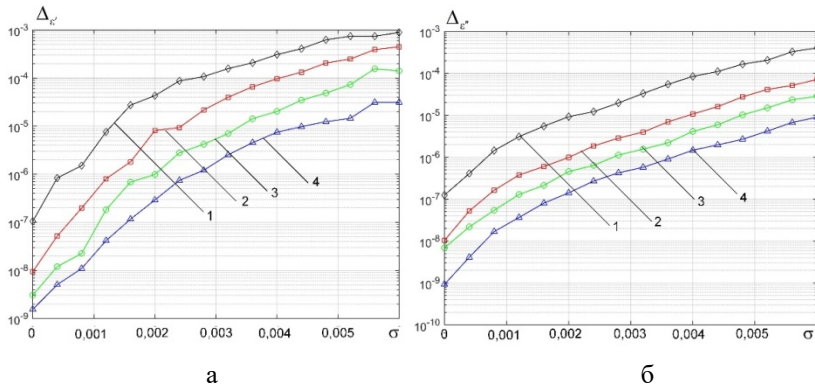
В качестве примера проведем оценку статистического предела разрешения для комплексной диэлектрической проницаемости соседних слоев на примере двухслойного ММДП на основе разработанной методики. Для моделирования экспериментальных коэффициентов ослабления  $\dot{\alpha}_3(f_k, \xi_1)$  к теоретическим значениям  $\dot{\alpha}_T(f_k, \xi_1)$  был добавлен аддитивный некоррелированный гауссовский шум со средним квадратическим отклонением (СКО)  $\sigma(\dot{\alpha}_T(f_k, \xi_1)) = \sqrt{N_0 / 2}$ . Моделирование осуществлялось для двухслойного покрытия при следующих значениях диэлектрической и магнитной проницаемостей слоев:

–  $\dot{\epsilon}_n$  изменяли от значения  $\dot{\epsilon}_n = 26 - j5$  до значения диэлектрической проницаемости второго слоя  $\dot{\epsilon}_{n+1} = 25 - j4$  с шагом по диэлектрической проницаемости 0,001 (в (4)  $N=1000$  значений);

–  $\dot{\mu}_n$  слоев было фиксированным и составляло  $\mu_n = 2,3 - j2,7$ .

Численные исследования проводили для полосы частот измерений  $\Delta f = 9 - 13,5$  ГГц. На рис. 2 приведены зависимости средних квадратов

ошибок  $\Delta_{\varepsilon}'$ ,  $\Delta_{\varepsilon}''$ , оценки КР  $\lambda_{\varepsilon}'$ ,  $\lambda_{\varepsilon}''$ , при возрастании значений СКО уровня шума, при фиксированной ширине полосы частот измерений  $\Delta f = 9-13,5 \text{ ГГц}$ , при увеличении количества частот измерений:  $K_1 = 10$ ,  $K_2 = 16$ ,  $K_3 = 19$ .



*а – средние квадраты ошибок для  $\Delta_{\varepsilon}'$ ; б – средние квадраты ошибок для  $\Delta_{\varepsilon}''$*

*Рис. 2. Зависимости средних квадратов ошибок  $\Delta_{\varepsilon}'$  (а),  $\Delta_{\varepsilon}''$  (б) оценки КР  $\lambda_{\varepsilon}'$ ,  $\lambda_{\varepsilon}''$ , соответственно, при возрастании значений СКО уровня шума, при увеличении количества частот измерений (1 –  $\Delta f = 9-13,5 \text{ ГГц}$ ,  $f_{k+1} - f_k = 1125 \text{ МГц}$ ,  $K = 5$ ; 2 –  $\Delta f = 9-13,5 \text{ ГГц}$ ,  $f_{k+1} - f_k = 500 \text{ МГц}$ ,  $K = 10$ ; 3 –  $\Delta f = 9-13,5 \text{ ГГц}$ ,  $f_{k+1} - f_k = 300 \text{ МГц}$ ,  $K = 16$ ; 4 –  $\Delta f = 9-13,5 \text{ ГГц}$ ,  $f_{k+1} - f_k = 250 \text{ МГц}$ ,  $K = 19$ ).*

Анализ зависимостей рис. 2 показывает, что средние квадраты ошибок  $\Delta_{\varepsilon}'$  и  $\Delta_{\varepsilon}''$  оценки величин КР  $\lambda_{\varepsilon}'$  и  $\lambda_{\varepsilon}''$  увеличиваются при возрастании СКО уровня шума, уменьшении ширины полосы частот измерений и количества частот измерений. Проведенные численные эксперименты показали, что при ширине полосы частот измерений  $\Delta f = 9-13,5 \text{ ГГц}$  предельный прирост повышения точности обеспечивается при измерениях на 18–22 частотах.

В целом, относительная погрешность оценок КР, при ширине полосы частот измерений  $\Delta f = 9-13,5 \text{ ГГц}$  и СКО уровня шума 0,002–

0,003 не превышает 10 %, при доверительной вероятности 0,95. Погрешности оценок толщины при этом не превышают 5 % вплоть до значения СКО уровня шума 0,006.

На основании полученных зависимостей оценок средних квадратов ошибок  $\Delta_{\varepsilon'}$ ,  $\Delta_{\varepsilon''}$  оценивали статистический предел разрешения  $\nu \cdot 100\%$  КР  $\lambda_{\varepsilon'}$  и  $\lambda_{\varepsilon''}$ , как функцию от значений доверительной вероятности.

На рис. 3 приведены зависимости предела разрешения КР  $\lambda_{\varepsilon'}$  и  $\lambda_{\varepsilon''}$  для СКО уровня шума  $\sigma(\alpha'(f_k, \xi_1))=0,002$  и  $\sigma(\alpha'(f_k, \xi_1))=0,006$ , для ширины полосы частот измерений  $\Delta f = 9-13,5$  ГГц при измерениях на  $K=19$  частотах.

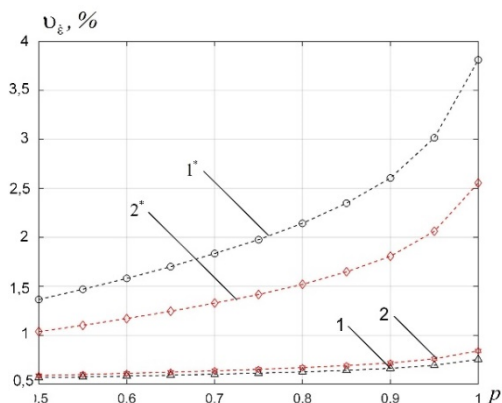


Рис. 3. Зависимость предела разрешения КР  $\lambda_{\varepsilon'}$  и  $\lambda_{\varepsilon''}$ , от доверительной вероятности (1, 2 –  $\sigma=0,002$ ; 1\*, 2\* –  $\sigma=0,006$ )

Анализ зависимостей рис. 3 показывает, что с увеличением СКО уровня шума разрешение уменьшается для всех значений доверительной вероятности. Это в основном связано с тем, что  $\Delta\lambda$  монотонно возрастает при возрастании СКО уровня шума (рис. 2.2). Анализ зависимостей рис. 3 показывает, что при доверительной вероятности 0,95 минимально достижимые значения коэффициента  $\lambda_{\varepsilon'}$  составляют около 0,67 % и 2 %, при СКО уровня шума 0,002 и 0,006, соответственно, для коэффициента  $\lambda_{\varepsilon''}$  0,6 % и 3 %, соответственно, Уменьшение СКО уровня шума с 0,006 до 0,002 обеспечивает увеличение разрешения в 8–9 раз. Таким образом, если требуется



увеличить разрешение необходимо уменьшать уровень шума в измерительных данных (повышать точности оценок коэффициентов ослабления), либо проводить измерения в более широкой полосе частот измерений с использованием большего количества фиксированных частот.

### **Заключение**

Обоснован и введен статистический предел разрешения величин комплексных диэлектрических и магнитных проницаемостей соседних слоев в многослойном ММДП, т.е. минимальной разности диэлектрической и магнитной проницаемостей соседних слоев, которая может быть выявлена разработанным методом. Численные и натурные эксперименты показали, что метод может обеспечить их оценку при отличии друг от друга в 0,2–0,3 % и менее в полосе частот 9–13,5 ГГц.

### **Список литературы**

1. Казьмин, А.И. Методологические принципы определения электрофизических параметров материалов и покрытий со сложной внутренней структурой с помощью поверхностных электромагнитных волн / А.И. Казьмин // Дефектоскопия. –2022. – № 3. – С. 34–49.

2. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2021667214 Российская Федерация. Программа определения электрофизических и геометрических параметров многослойных радиопоглощающих и композиционных материалов и покрытий / Казьмин А.И. (РФ). №2021666173. Заявлен. 14.10.2021; зарегистрировано в реестре программ для ЭВМ Роспатента 26.10.2021 г.

# Имитационная модель оценки точности измерений электрофизических параметров многослойных диэлектрических и магнитодиэлектрических покрытий методом поверхностных электромагнитных волн

А. И. Казьмин, email: alek-kazmin@yandex.ru

П. А. Федюнин, email: fpa1@yandex.ru

В.А. Манин, email: fanni.05@mail.ru

П.Ю. Корепанов

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. проф. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина»  
(г. Воронеж)

**Аннотация.** *Представлена имитационная модель измерений, реализованная на основе системы электродинамического моделирования CST Microwave studio и системы Matlab. Приведены результаты имитационного моделирования по оценке диэлектрической проницаемости и толщины однослойного диэлектрического покрытия на металлической подложке при различных значениях среднего квадратического отклонения уровня шума в измерительных данных.*

**Ключевые слова:** *многослойное диэлектрическое покрытие, метод поверхностных электромагнитных волн, имитационная модель, электрофизические и геометрические параметры.*

## Введение

Для более гибкой оценки потенциальных возможностей методов и способов контроля электрофизических и геометрических параметров (ЭФГП) многослойных диэлектрических и магнитодиэлектрических материалов и покрытий (МДММП), основанных на их оценке по характеристикам и параметрам поля поверхностных электромагнитных волн (ПЭМВ) путем решения нелинейных уравнений методами параметрической оптимизации, разработана имитационная модель реальной измерительно-вычислительной системы (ИВС) [1].

В обобщенном виде методы и способы контроля ЭФГП многослойных диэлектрических и магнитодиэлектрических материалов и покрытий ПЭМВ сводятся к следующей последовательности действий [2,3]:

1. Измерение экспериментальной частотной зависимости действительной части комплексного коэффициента ослабления (КО)

$$\text{поля ПЭМВ } \mathbf{A}_y = [\alpha'_{y1}(f_1, \xi_1), \dots, \alpha'_{yK}(f_K, \xi_1)]^T,$$

где  $\xi_1 = \{\hat{\epsilon}_n, \dots, \hat{\epsilon}_N, \hat{\mu}_n, \dots, \hat{\mu}_N, t_n, \dots, t_N\}$  – вектор, подлежащих оценке ЭФГП,  $\hat{\epsilon}_n, \dots, \hat{\epsilon}_N$  – комплексные диэлектрические проницаемости,  $\hat{\mu}_n, \dots, \hat{\mu}_N$  – комплексные магнитные проницаемости,  $t_n, \dots, t_N$  – толщины МДММП, методом зонда.

2. Составление дисперсионного уравнения для ПЭМВ в многослойном РППМ с учетом количества слоев  $N$ .

3. Оценка вектора ЭФГП  $\hat{\xi}_1 = \{\hat{\epsilon}_n, \dots, \hat{\epsilon}_N, \hat{\mu}_n, \dots, \hat{\mu}_N, \hat{t}_n, \dots, \hat{t}_N\}$  исследуемого многослойного МДММП осуществляется путем минимизации квадратичного функционала (целевой функции), построенной, как невязка между вектор-столбцом экспериментальных  $\mathbf{A}_3$  и вектор-столбцом вычисленных теоретических значений  $\mathbf{A}_T$  комплексных КО ПЭМВ путем решения дисперсионного уравнения, на наборе частот  $f_k, k = 1, 2, \dots, K$ , в заданной полосе частот  $\Delta f = f_k - f_1$ :

$$\hat{\xi}_1 = \arg \min_{\xi_1 \in \xi_{\text{дон}}} \left( \frac{1}{K} |\mathbf{A}_3 - \mathbf{A}_T|^2 + \varpi \left( \sum_{n=1}^N q_n^{\hat{\epsilon}} \|(\hat{\epsilon}_n - \hat{\epsilon}_{n0})\|^2 + \sum_{n=1}^N q_n^{\hat{\mu}} \|(\hat{\mu}_n - \hat{\mu}_{n0})\|^2 + \sum_{n=1}^N q_n^t \|(t_n - t_{n0})\|^2 \right) \right), \quad (1)$$

где  $\mathbf{A}_3$  и  $\mathbf{A}_T$  – вектор-столбцы, со следующими компонентами:

$$\mathbf{A}_3 = [\alpha'_3(f_1) - j\alpha''(f_1, \Phi_\alpha), \dots, \alpha'_3(f_K) - j\alpha''(f_K, \Phi_\alpha)]^T; \quad (2)$$

$$\mathbf{A}_T = [\alpha'_T(f_1, \xi_1), \dots, \alpha'_T(f_K, \xi_1)]^T;$$

где  $q_n^{\hat{\epsilon}}, q_n^{\hat{\mu}}, q_n^t$  – веса, определяющие степень априорной информации о комплексных диэлектрических проницаемостях, комплексных магнитных проницаемостях и толщинах слоев МДММП;  $\hat{\epsilon}_n, \hat{\mu}_n, t_n$  – комплексные диэлектрические проницаемости, комплексные магнитные проницаемости и толщины слоев МДММП;  $\hat{\epsilon}_{n0}, \hat{\mu}_{n0}, t_{n0}$  – найденные с учётом априорной информации о составляющей среднее значение  $n$ -й составляющей вектора ЭФГП из области допустимых значений  $\hat{\epsilon}_{n0} \in [\hat{\epsilon}_{n \min}, \dots, \hat{\epsilon}_{n \max}]$ ,  $\hat{\mu}_{n0} \in [\hat{\mu}_{n \min}, \dots, \hat{\mu}_{n \max}]$ ,  $t_{n0} \in [t_{n \min}, \dots, t_{n \max}]$ ;  $\varpi$  – параметр регуляризации.

## 2. Имитационная модель оценки точности измерений

Такие элементы ИВС, как антенна возбуждения поверхностных электромагнитных волн АВ, приёмная антенна (измерительный зонд) ПА, а также исследуемое покрытие на металлической подложке ИП,

реализованы в блоке формирования коэффициентов ослабления БФКО ЭД в виде модели в системе электродинамического моделирования CST Microwave studio (Simulia corporation). Геометрические размеры данных элементов точно соответствуют их размерам в реальном измерительном комплексе. Для оценки адекватности разработанной модели проведено сравнение модельных КО поля ПЭМВ стандартного образца полиметилметакрилата ( $\hat{\epsilon} \approx 2,7 - j0,081$ ) размером  $200 \times 100$  мм и толщиной 1 мм  $\alpha'_{CST}(f_k, \xi'_1)$  с теоретическими коэффициентами ослабления  $\alpha'_T(f_k, \xi'_1)$  найденными при решении дисперсионного уравнения [2, 3], а также с экспериментальными КО  $\alpha'_y(f_k, \xi'_1)$  измеренными на реальном измерительном комплексе. Структурная схема имитационной модели приведена на рис. 1.

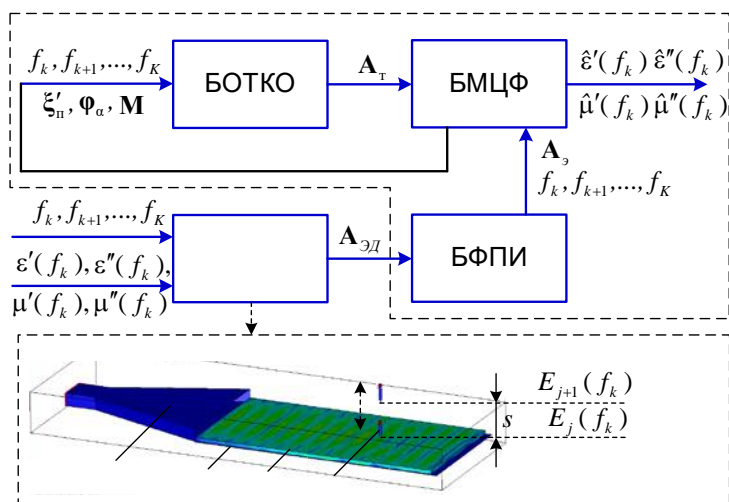


Рис. 1. Структурная схема имитационной модели

Отличие модельных КО от теоретических составляет не более 0,08 %. Относительные погрешности оценки диэлектрической проницаемости и толщины полиметилметакрилата, полученные путём решения обратной задачи (1) по частотной зависимости  $\alpha'_{CST}(f_k, \xi'_1)$  составляют не более 0,05 %. Таким образом, разработанная в CST Microwave studio модель обеспечивает получение КО ПЭМВ с

минимальной методической погрешностью, т. е. КО практически соответствуют теоретическим значениям  $\alpha'_T(f_k, \xi'_1)$ . Кроме того, при решении обратной задачи (1) оценки ЭФГП получены с минимальными погрешностями.

Отличие экспериментальных КО  $\alpha'_3(f_k, \xi'_1)$  от модельных значений составляет не более 6 % и обусловлено влиянием шумов (инструментальные погрешности измерительного комплекса и другие погрешности, связанные с процессом эксперимента). Экспериментальные относительные погрешности оценки действительной и мнимой частей комплексной диэлектрической проницаемости  $\varepsilon''_{\Pi}$ ,  $\varepsilon''_{\Pi}$ , а также толщины  $t_{\Pi}$  составляют не более 7 и 5 % соответственно. Экспериментальные значения КО в имитационной модели формировали в блоке формирования погрешностей измерений коэффициентов ослабления БФПИ в виде суммы значений модельных КО  $\alpha'_{CST}(f_k, \xi'_1)$  и функции, имитирующей влияние шума. На точность определения КО ПЭМВ влияет множество случайных факторов. Поэтому погрешность оценки указанных коэффициентов моделировалась аддитивным некоррелированным гауссовым шумом с нулевым математическим ожиданием  $m[n(f_k)] = 0$  и заданным уровнем дисперсии  $\sigma_k^2$ . Экспериментальная проверка на реальной ИВС показала, что среднее квадратическое отклонение (СКО) уровня шума при измерениях ЭФГП стандартного образца полиметилметакрилата, составляет 0,0015–0,0020 и подчиняется нормальному закону распределения.

Таким образом, экспериментальные значения КО ПЭМВ  $\alpha'_3(f_k, \xi'_1)$  при задействовании при моделировании блока БФКО ЭД, в блоке БФПИ формировали на основе выражения:

$$\alpha'_3(f_k, \xi'_1) = \alpha'_{CST}(f_k, \xi'_1) + n(f_k), \quad k = 1, \dots, K \quad (3)$$

где  $n(f_k)$  – шум, воздействующий на  $k$ -измерение и обусловленный инструментальными погрешностями ИВС и другими погрешностями при проведении эксперимента.

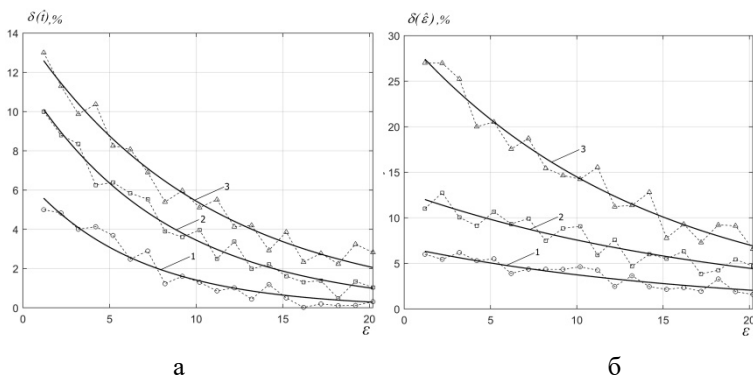
При имитационном моделировании без использования блока БФКО ЭД экспериментальные значения  $\alpha'_3(f_k, \xi'_1)$  формировали на основе выражения (3).

Блок определения теоретических значений комплексных коэффициентов ослабления БОТКО реализует решение дисперсионного уравнения, а блок минимизации целевой функции БМЦФ реализует

операцию по решению обратной задачи, путём варьирования составляющими вектора  $\xi_1$ . Данные блоки реализованы в системе Matlab. При этом решение обратной задачи в блоке БМЦФ осуществляется с помощью генетического алгоритма, реализованного в виде функции «ga» приложения Global Search пакета Matlab.

### 3. Моделирование измерения ЭФГП многослойных диэлектрических покрытий с помощью имитационной модели

На рис. 2а представлены зависимости средней относительной погрешности оценки диэлектрической проницаемости  $\delta(\hat{\epsilon})$  однослойного покрытия с толщиной  $b = 1$  мм при увеличении значений диэлектрической проницаемости слоя от 1,2 до 20, для трех значений СКО уровня шума: 0,001; 0,003; 0,005 [3]. На рис. 2б представлено, как при этом меняется погрешность оценки толщины слоя  $\delta(\hat{t})$ . Коэффициент ослабления поля ПЭМВ определяли в диапазоне частот 9–10 ГГц с шагом по частоте 0,1 ГГц (количество частот  $N=10$ ) [3].



*а – оценка толщины  $\delta(\hat{t})$ ; б – диэлектрической проницаемости  $\delta(\hat{\epsilon})$*

*Рис. 2. Зависимости средней относительной погрешности оценки ЭФГП покрытия при фиксированных значениях СКО уровня шума (1 –  $\sigma = 0,001$ ; 2 –  $\sigma = 0,003$ ; 3 –  $\sigma = 0,005$ )*

Анализ зависимостей рис. 2а для однослойного покрытия показывает, что относительная погрешность  $\delta(\hat{\epsilon})$  оценки диэлектрической проницаемости слоя, при фиксированном значении уровня СКО шума и толщине слоя, уменьшается с возрастанием их величины. Относительная погрешность оценки толщины слоя  $\delta(\hat{t})$ ,

также уменьшается. При этом, точность оценки толщины слоя в 2–2,5 раза выше точности оценки диэлектрической проницаемости.

По результатам имитационного моделирования, метод дает оценки диэлектрической проницаемости и толщины для однослойного покрытия при СКО уровня шума  $\sigma = 0,003$ , во всем диапазоне исследуемых значений диэлектрической проницаемости (1,2–20) с погрешностью не больше 10% с доверительной вероятностью 0,95 [3].

### **Заключение**

Таким образом, разработана имитационная модель, позволяющая оценивать точность измерения электрофизических и геометрических параметров многослойных МДММП в зависимости от их электрофизических и геометрических параметров, учитывающая значение СКО уровня шума в измерительных данных и ширину полосы частот измерений.

### **Список литературы**

1. Михайлин, Ю. А. Специальные полимерные композиционные материалы / Ю. А. Михайлин. – СПб.: Научные основы и технологии, 2008. – 660 с.
2. Казьмин, А. И. Методологические принципы определения электрофизических параметров материалов и покрытий со сложной внутренней структурой с помощью поверхностных электромагнитных волн / А. И. Казьмин // Дефектоскопия. – 2022. – № 3. – С. 34–49.
3. Казьмин, А.И. Оценка точности реконструкции электрофизических и геометрических параметров многослойных диэлектрических покрытий многочастотным радиоволновым методом поверхностных медленных электромагнитных волн / А. И. Казьмин, П. А. Федюнин // Измерительная техника. – 2020. – 8. С. – 51–58.

# Математическое моделирование динамики развития инфекционных заболеваний с использованием библиотек Python Numpy и Matplotlib

О. И. Канищева, email: oleka\_olesya@mail.ru<sup>1,2</sup>  
В. С. Боровков, email: mirgoh2@yandex.ru<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»  
(г. Воронеж)

<sup>2</sup> Воронежский государственный университет

**Аннотация.** В данной работе рассмотрены классические математические модели распространения эпидемий SIR, представляющие собой системы дифференциальных уравнений, фазовые переменные которых являются долями некоторой однородной популяции, а сами уравнения отображают динамику перемещения особей популяции между группами. Представлены результаты численного моделирования развития заболеваний для SEIR модели с использованием языка программирования Python, проиллюстрирована динамика развития инфекционного заболевания.

**Ключевые слова:** математическое моделирование, SEIR модель, SIRS модель, SEIR модель, MSEIR модель, моделирование эпидемий, популяция, эпидемия, Python.

## Введение

В медицине под эпидемией понимают прогрессирующее распространение инфекционного заболевания среди людей, значительно превышающее обычно регистрируемый на данной территории уровень заболеваемости и способное стать причиной чрезвычайной ситуации [1]. В случае распространения эпидемии на большие территории или территории многих стран говорят о пандемии.

Изучение механизмов развития и распространения эпидемий является важным способом борьбы с заболеваниями наряду с поиском новых лекарственных средств, вакцинацией и профилактическими мерами.

Первую попытку использовать математический аппарат для исследования механизмов распространения заболеваний предпринял Д. Бернулли. Следующий шаг был сделан У. Фарром, применившим нормальное распределение для анализа смертности людей от оспы.



Основываясь на работах предшественников, британские ученые А. Кермак и У. Маккендрик разработали широко используемую на сегодняшний день модель SIR [2]. Эта аббревиатура происходит от английских слов Susceptible – Infected – Recovered, буквально означающих «восприимчивые – инфицированные – выздоровевшие». Под «восприимчивыми» подразумеваются еще не инфицированные организмы.

В рамках этой модели с помощью систем дифференциальных уравнений (при условии непрерывности времени и популяции большого объема) или разностных уравнений (при дискретном времени и ограниченной популяции) описывается динамика распространения инфекционного заболевания.

## 1. Математические модели развития эпидемиологической ситуации

### Модель SIR

SIR–модель получила популярность в силу простоты построения и использования. Ее применение позволяет точно моделировать эпидемии гриппа и других инфекционных заболеваний в больших городах, вводить новые параметры и анализировать разные сценарии развития болезни [3].

Система уравнений SIR имеет вид:

$$\begin{cases} \frac{dS(t)}{dt} = -\frac{\beta \cdot I(t) \cdot S(t)}{N}, \\ \frac{dI(t)}{dt} = \frac{\beta \cdot I(t) \cdot S(t)}{N} - \gamma \cdot I(t), \\ \frac{dR(t)}{dt} = \gamma \cdot I(t), \end{cases} \quad (1)$$

где  $S(t)$  – численность восприимчивых индивидов в момент времени  $t$  ;  
 $I(t)$  – численность инфицированных индивидов в момент времени  $t$  ;  
 $R(t)$  – численность переболевших индивидов в момент времени  $t$  ;  $\beta$  – коэффициент интенсивности контактов индивидов с последующим инфицированием;  $\gamma$  – коэффициент интенсивности выздоровления инфицированных индивидов;  $N$  – общая численность популяции.

Первое уравнение системы (1) означает, что изменение числа здоровых индивидов (и при этом восприимчивых к заболеванию) уменьшается со временем пропорционально числу контактов с

инфицированными. После контакта происходит заражение, восприимчивый переходит в состояние инфицированного.

Второе уравнение системы (1) показывает, что скорость увеличения числа заразившихся растет пропорционально числу контактов здоровых и инфицированных людей и уменьшается по мере выздоровления последних.

Третье уравнение системы (1) демонстрирует, что число выздоровевших в единицу времени пропорционально числу инфицированных. Иначе говоря, каждый заболевший через некоторое время должен выздороветь.

Таким образом, мы видим, что заболевание в модели SIR развивается по схеме «восприимчивые становятся инфицированными, потом выздоравливают». Условие

$$\frac{dS(t)}{dt} + \frac{dI(t)}{dt} + \frac{dR(t)}{dt} = 0 \quad (2)$$

описывает неизменность численности популяции (и не учитывает случаи смерти от заболевания).

Количество одномоментно болеющих, определяется параметром  $R_0 = \frac{\beta}{\gamma}$ . Эта величина называется «базовым коэффициентом воспроизведения».

Что касается задания начальных условий для системы (1), можно заметить, что часто изначально в популяции отсутствуют особи с иммунитетом к заболеванию, т. е.  $R(0) = 0$ . Систему уравнений (1) также называют системой Кермака-МакКендрика [4].

SIR-модель перестает работать в случае необходимости учитывать неоднородность популяции (например, различную плотность населения в разных регионах), разные пути передачи инфекции и факторы случайности, значимые в малых популяциях и на начальной фазе распространения заболевания [5].

Развитием модели SIR стали, в частности, следующие модели:

– SIRS – «восприимчивые – инфицированные – выздоровевшие – восприимчивые»: модель описания динамики заболеваний с временным иммунитетом (выздоровевшие индивиды со временем снова становятся восприимчивыми);

– SEIR – «восприимчивые – контактные (Exposed) – инфицированные – выздоровевшие»: модель для описания распространения заболеваний с инкубационным периодом;

– SIS – «восприимчивые – инфицированные – восприимчивые»: модель для распространения заболевания, к которому не вырабатывается иммунитет;

– MSEIR – «наделенные иммунитетом от рождения (Maternally derived immunity) – восприимчивые – контактные – инфицированные – выздоровевшие»: модель, учитывающая иммунитет детей, приобретенный внутриутробно.

### Модель SEIR

Именно по этой модели развиваются самые опасные эпидемии, поскольку длительный инкубационный период может препятствовать своевременному обнаружению заболевания. В этом случае есть риск, что заболевание охватит значительное число индивидуумов в популяции.

Инфекция развивается по схеме «восприимчивые – контактные – инфицированные – выздоровевшие» и описывается системой уравнений:

$$\begin{cases} \frac{dS(t)}{dt} = \mu \cdot N - \mu \cdot S(t) - \beta \cdot \frac{I(t)}{N} \cdot S(t), \\ \frac{dE(t)}{dt} = \beta \cdot \frac{I(t)}{N} \cdot S(t) - (\mu + \alpha) \cdot E(t), \\ \frac{dI(t)}{dt} = \alpha \cdot E(t) - (\gamma + \mu) \cdot I(t), \\ \frac{dR(t)}{dt} = \gamma \cdot I(t) - \mu \cdot R(t), \end{cases} \quad (3)$$

где  $\mu$  – уровень смертности;  $\alpha$  – величина, обратная среднему инкубационному периоду заболевания;  $E(t)$  – численность индивидов – носителей заболевания в момент времени  $t$ .

Как и в модели SIR (1), первое уравнение системы (3) означает, что изменение числа здоровых (и при этом восприимчивых к заболеванию) индивидуумов уменьшается со временем пропорционально числу контактов с инфицированными. После заражения здоровый индивид переходит в состояние контактного по данному заболеванию, или носителя инфекции.

Второе уравнение системы (3) вносит задержку по времени при переходе из состояния контактного в состояние инфицированного (больного). Это происходит через некоторое время, равное инкубационному периоду болезни.

Третье уравнение системы (3) описывает переход из состояния «контактный» в состояние «инфицированный».

Четвертое уравнение системы (3) демонстрирует, что число выздоровевших в единицу времени пропорционально числу инфицированных. При этом в каждом состоянии индивидум может погибнуть, что учитывает коэффициент  $\mu$  в каждом уравнении.

Иначе говоря, в каждый момент времени каждый индивидум с определенной вероятностью может заразиться, через некоторое время – заболеть, а затем выздороветь либо погибнуть.

Численность популяции  $N = S(t) + E(t) + I(t) + R(t)$  при этом не является постоянной с течением времени. Интенсивность эпидемии описывает базовый коэффициент воспроизведения:  $R_0 = \frac{\alpha}{\mu + \alpha} \cdot \frac{\beta}{\mu + \gamma}$ .

### Модель SIS

Модель «восприимчивые – инфицированные – восприимчивые» применима при анализе распространения заболеваний, к которым не вырабатывается иммунитет, например гриппа и ОРВИ. Она описывается следующей системой уравнений:

$$\begin{cases} \frac{dS(t)}{dt} = -\frac{\beta \cdot S(t) \cdot I(t)}{N} + \gamma \cdot I(t), \\ \frac{dI(t)}{dt} = \frac{\beta \cdot S(t) \cdot I(t)}{N} - \gamma \cdot I(t), \end{cases} \quad (4)$$

Вместе первое и второе уравнение системы (4) означают, что число здоровых и больных в сумме не меняется, а число заражений пропорционально числу контактов здоровых и больных.

Второе уравнение системы (4) описывает изменение числа заболевших в единицу времени, которое пропорционально числу заражений (числу контактов здоровых и инфицированных индивидуумов) за вычетом числа выздоровлений.

### Модель MSEIR

Эта модель, построенная для заболевания с инкубационным периодом и учитывающая иммунитет детей, приобретенный внутриутробно, – одна из самых сложных для анализа в силу наличия большого числа независимых параметров. Система уравнений для нее имеет вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dM(t)}{dt} = B(t) - \delta \cdot M(t) - \mu \cdot M(t), \\ \frac{dS(t)}{dt} = \delta \cdot M(t) - \beta \cdot S(t) \cdot I(t) - \mu \cdot S(t), \\ \frac{dE(t)}{dt} = \beta \cdot S(t) \cdot I(t) - (\varepsilon + \mu) \cdot E(t), \\ \frac{dI(t)}{dt} = \varepsilon \cdot E(t) - (\gamma + \mu) \cdot I(t), \\ \frac{dR(t)}{dt} = \gamma \cdot I(t) - \mu \cdot R(t), \end{array} \right. \quad (5)$$

где  $M(t)$  – численность индивидов с приобретенным внутриутробно иммунитетом.

От ранее рассмотренных моделей эта система (5) отличается тем, что учитывает рождение детей, вероятность заражения которых растет со временем по мере утраты ими иммунитета, приобретенного внутриутробно. Эти зависимости описаны в первых двух уравнениях системы (5).

Приобретенный внутриутробно иммунитет, может быть, не у всех появившихся на свет детей, но вакцинацией можно охватить сто процентов рожденных младенцев. Введение в математическую модель этого параметра приводит к качественному изменению картины развития эпидемий.

Система дифференциальных уравнений для этой модели будет следующей:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dS(t)}{dt} = \mu \cdot N \cdot (1 - P) - \mu \cdot S(t) - \beta \cdot \frac{I(t)}{N} \cdot S(t), \\ \frac{dI(t)}{dt} = \beta \cdot \frac{I(t)}{N} \cdot S(t) - (\gamma + \mu) \cdot I(t), \\ \frac{dV(t)}{dt} = \mu \cdot N \cdot P - \mu \cdot V(t), \end{array} \right. \quad (6)$$

где  $P$  – доля привитых младенцев ( $0 < P < 1$ ).

Первые два уравнения системы (6) повторяют модель SIR с учетом того, что вероятность заражения привитых детей равна нулю, а значит, вероятность заражения равна вероятности, что ребенок не привит, и, в свою очередь, равна  $(1 - P)$ .

Последнее уравнение системы (6) учитывает смертность от других причин и позволяет рассчитать полную численность популяции.

Существует ещё много различных модификаций SIR моделей. Все они, включая саму SIR, являются представителями целого класса моделей, которые называют «компарментальными эпидемиологическими моделями». Сложность таких моделей не ограничена разделением популяции на три или четыре группы. Эти модели могут учитывать самые разные сценарии: введение карантина (SIQR, добавляется группа  $Q$  – quarantine), потеря иммунитета (SIRS, переход с некоторой вероятностью из  $R$  обратно в  $S$ ), различные варианты течения болезни (несколько групп  $I$ :  $I_1, I_2, \dots$ , в каждую из которых своя вероятность попадания восприимчивых особей) и т.д. [6].

Исследование динамики передачи любого инфекционного заболевания зависит от характера данных и разработки модели, которая наилучшим образом описывает сценарий вспышки. Математическое и имитационное моделирование исследования, основанные на эпидемиологических данных, могут помочь оценить эффективность мер контроля и могут быть использованы для оценки эффективности вакцины.

## 2. Реализация модели динамики развития инфекционного заболевания с помощью Python

Реализация модели развития инфекционного заболевания проводилась на примере SEIR модели (рис. 1), которая учитывает инкубационный период ( $E$  – exposed, индивиды болеют, но не заразны и со временем полностью заболеют). В такой модели заражение восприимчивых происходит таким же способом как в модели SIR, но попадают такие особи не в группу  $I$ , а в группу  $E$ . А из  $E$  с определённой вероятностью ( $\alpha$  – число обратное длительности инкубационного периода) происходит переход уже в  $I$ .

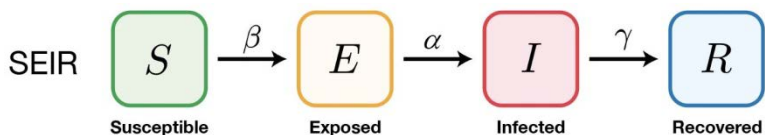


Рис. 1. Схема принципа работы SEIR модели

Для реализации модели на Python использовались следующие библиотеки: NumPy – для создания одномерного массива для хранения и расчета данных о количестве зараженных пациентов в день и Matplotlib – для графического представления количества инфицированных пациентов с количеством дней.

На рис. 2 показан импорт библиотеки Numpy и Matplotlib в Python для определения и решения системы дифференциальных уравнений (3), зависящей от времени. Эти библиотеки часто используются в различных научных вычислениях.

```
1 import numpy as np
2 import matplotlib as plt
```

Рис. 2. Подключение библиотеки Numpy и Matplotlib

На рис. 3 приведен листинг программы, реализующей SEIR модель на языке программирования Python.

```
3 # численность популяции
4 N = 1e7 + 10 + 5
5 # время (дни)
6 T = 170
7 # восприимчивые
8 s = np.zeros([T])
9 # находящиеся в инкубационном периоде
10 e = np.zeros([T])
11 # инфицированные
12 i = np.zeros([T])
13 # выздоровевшие
14 r = np.zeros([T])
15 # скорость распространения заболевания
16 lamda = 0.5
17 # скорость восстановления
18 gamma = 0.0821
19 # открытый период
20 sigma = 1 / 4
21 # первоначально инфицированные
22 i[0] = 10.0 / N
23 s[0] = 1e7 / N
24 e[0] = 40.0 / N
25 for t in range(T-1):
26     s[t + 1] = s[t] - lamda * s[t]*i[t]
27     e[t + 1] = e[t] + lamda * s[t]*i[t] - sigma * e[t]
28     i[t + 1] = i[t] + sigma * e[t] - gamma * i[t]
29     r[t + 1] = r[t] + gamma * i[t]
30 from matplotlib import pyplot as plt
31 fig, ax = plt.subplots(figsize=(10,6))
32 ax.plot(s, c='b', lw=2, label='Восприимчивые (S)')
33 ax.plot(e, c='orange', lw=2, label='Находящиеся в инкубационном периоде (E)')
34 ax.plot(i, c='r', lw=2, label='Инфицированные (I)')
35 ax.plot(r, c='g', lw=2, label='Выздоровевшие (R)')
36 ax.set_xlabel('Дни', fontsize=20)
37 ax.set_ylabel('Динамика распространения болезни', fontsize=20)
38 ax.grid(1)
39 plt.xticks(fontsize=20)
40 plt.yticks(fontsize=20)
41 plt.legend();
42 plt.show()
```

Рис. 3. Листинг программы на Python для SEIR модели

На рис. 4 приведены графики решения для SEIR модели, иллюстрирующие динамику развития инфекционного заболевания.

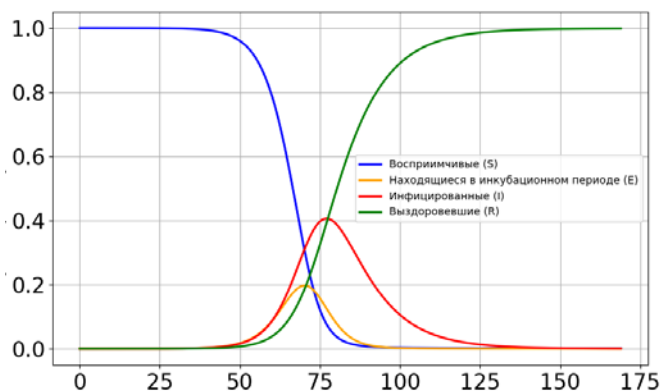


Рис. 4. Динамика изменения доли восприимчивых, контактных, инфицированных и выздоровевших по SEIR модели

Из полученных результатов видно, что чем меньше величина параметров  $\gamma$ ,  $\beta$ , тем дольше будет длиться эпидемия. При этом, если оба параметра имеют небольшую величину, то эпидемия не случится вовсе.

### Заключение

Проведенные в работе исследования показывают, что SEIR модель может использоваться в условиях ограниченных размеров популяций, надежности и при недостатке статистических данных. Они дают не только качественные, но и количественные прогнозы распространения инфекции. Дальнейшие исследования планируется провести для моделей, учитывающих пространственную изменчивость и неполную восприимчивость населения к инфекции.

### Список литературы

1. Фрумер, А. Л. Эпидемические и эндемические болезни // Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона : в 86 т. (82 т. и 4 доп.). – СПб., 1890-1907.
2. Kermack W. O., A Contribution to the Mathematical Theory of Epidemics / W. O. Kermack, A. G. McKendrick // Proc. R. Soc. Lond. Series A. – Vol. 115. – No. 772. (August 1, 1927). – pp. 700-721.



3. Kermack, W.O. Contributions to the mathematical theory of epidemics –I / W.O. Kermack, A.G. McKendrick // *Bulletin of Mathematical Biology*. – 1991. – V. 53. – P. 33-55.

4. Интегрированные математические модели, описывающие сложные биологические процессы / Е. Л. Мищенко [и др.] // *Биофизика*. – 2017. – Т. 62. – № 5. – С. 949-968.

5. Ризниченко, Г. Ю. Математическое моделирование биологических процессов. Модели в биофизике и экологии : учеб. пособие / Г. Ю. Ризниченко. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Юрайт, 2019. – 181 с.

6. Brauer F. *Mathematical models in population biology and epidemiology* / F. Brauer, C. Castillo-Chavez // 2ed. – Springer, 2012. – 522 p.

# Информационная модель разработки адаптированного электронного учебного пособия

А. Р. Клейменов, e-mail: kleimenovt@gmail.com

Тамбовский государственный технический университет

**Аннотация.** *В статье проведен анализ процесса проектирования электронного учебного пособия (ЭУП) по дисциплине «Методы и средства проектирования информационных систем и технологий». Осуществлено создание структуры учебного курса, проведено моделирование концептуальной модели процесса разработки и обозначены методы адаптации ЭУП для слабовидящих и незрячих людей.*

**Ключевые слова:** *адаптация, образовательный процесс, электронное учебное пособие, концептуальная модель, методы адаптации.*

## Введение

В современном мире образовательный процесс все больше модернизируется и совершенствуется, благодаря процессам цифровизации. Интернет-среда стала неотъемлемой частью жизни человека, облегчая и заменяя многие процессы.

Связь образования с цифровыми технологиями открывает новые возможности для преподавателей и студентов. Например, улучшает дистанционное образование, предоставляет доступ к более широкому спектру образовательного контента, даёт возможность людям с ограниченными возможностями получать информацию в удобном формате.

Одним из объектов цифровизации выступают учебно-методические материалы, которые в настоящий момент в нашем университете представлены в различных вариантах исполнения.

Структуризация курса дисциплины и объединение учебных материалов в единую систему электронного учебного пособия помогут добиться улучшения доступности к образовательному контенту.

Во-первых, с помощью пособия появится возможность адаптации для слабовидящих и незрячих пользователей.

Во-вторых, обеспечение бесшовного перехода с очного на дистанционный режим обучения, например, в период пандемии.

Цель заключается в моделировании адаптированного электронного учебного пособия.

## 1. Описание электронного учебного пособия

Электронное учебное пособие – виртуальное представление обучающего комплекса, соответствующее типовой учебной программе и обеспечивающее возможность обучающемуся самостоятельно или с помощью преподавателя освоить учебную программу [1].

Структура ЭУП представлена на рис. 1:

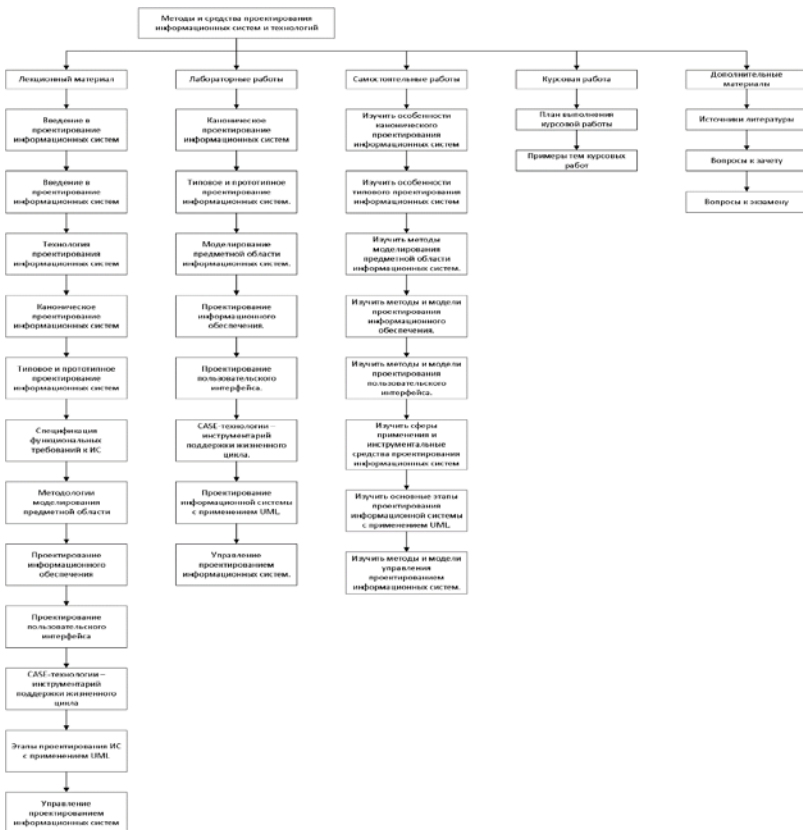


Рис. 1. Структура электронного учебного пособия

Структура состоит из лекционного учебного материала, лабораторных и самостоятельных работ, а также курсовой работы и дополнительных материалов.

Для описания совокупности взаимосвязанных процессов, направленных на создание электронного пособия, в работе используется нотация IDEF0 [2].

Инфологическая модель разработки адаптированного ЭУП по дисциплине «Методы и средства проектирования информационных систем и технологий» представлена на рис. 2.



Рис. 2. Контекстная диаграмма информационной модели

В качестве входных данных используется рабочая программа дисциплины, лекционный материал, лабораторные и самостоятельные работы, тестовые задания [3].

Для детализации основного процесса проведем декомпозицию модели. На рис. 3 представлены три процесса: составление структуры учебного курса дисциплины, обработка материалов учебного курса, разработка ЭУП.

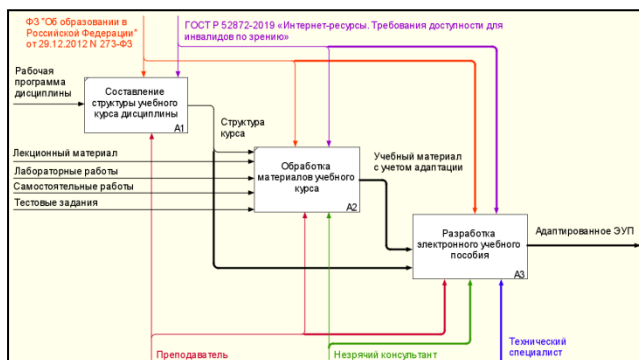


Рис. 3. Декомпозиция модели 1-го уровня

Процесс разработки является сложным и ресурсоёмким, поэтому он включает в себя несколько подпроцессов: разработка рабочего прототипа будущей ЭУП, определение дополнительных требований, разработка конечного программного продукта, тестирование ЭУП (рис. 4).

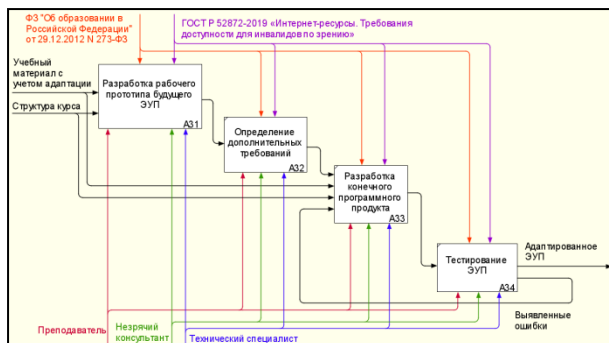


Рис. 4. Декомпозиция процесса «Создание ЭУП» 2-го уровня

Определение дополнительных требований необходимо для уточнения и проверки правильности реализуемых функций как со стороны преподавателя, так и студентов.

Разработка рабочего прототипа – это начало работы над программный продуктом. На этом этапе важно реализовать примерный функционал и адаптацию, которые будут присутствовать в конечном проекте. На рис. 5 представлена декомпозиция данного процесса [4].

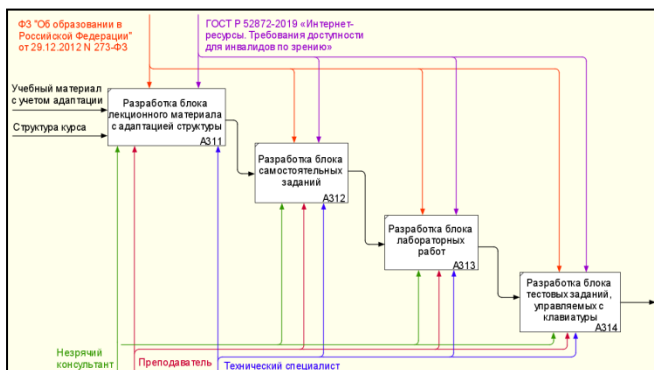


Рис. 5. Декомпозиция процесса «Разработка рабочего прототипа будущего ЭУП» 3-го уровня

Данный процесс включает в себя разработку основных блоков дисциплины в электронном виде, что является непростой задачей, учитывая большое количество схем и рис., которые требуется описать словами.

## **2. Методы адаптации**

Адаптация ЭУП позволит людям с ограниченными возможностями по зрению воспринимать, понимать, перемещаться и взаимодействовать с учебным материалом. В сети Интернет существует множество сайтов, инструментов и приложений непригодных для использования людьми с нарушениями по зрению. Несмотря на это, слабовидящие и незрячие пользователи каждый день взаимодействуют с Интернетом для чтения и написания электронных писем, статей и других возможностей, которыми пользуется каждый человек [5].

На основе Руководящих принципов доступности веб-контента (WCAG) и Национального стандарта РФ ГОСТ Р 52872-2019 были выделены следующие методы адаптации, которые охватывают большинство проблем, встречающихся людям с нарушениями зрения:

### **1. Добавление функции настройки размера шрифта.**

В настоящее время существует ряд способов улучшить доступность для слабовидящих пользователей. Например, человек может использовать программу для увеличения элементов на экране или изменить настройки браузера.

Но возможна ситуация, когда соответствующими инструментами нельзя воспользоваться по тем или иным причинам, поэтому на самом сайте должна быть реализована функция увеличения размера шрифта, которая «не ломает» структуру страницы, а будет помощником в восприятии информации.

### **2. Использование явных описаний для ссылок и кнопок.**

При описании ссылки необходимо указывать информацию о том, куда она ведет. Например, ссылка с текстом «Нажмите сюда», является плохим тоном, а вариант «Перейти к практической работе №1» дает однозначное понимание того, куда ведет ссылка.

Программы чтения с экрана дают возможность перечисления всех ссылок на странице для более эффективной навигации. Важно, чтобы был подписан именно ссылочный элемент, поскольку, если использовать дополнительный текст для описания, например, перед кнопкой или ссылкой, то программа его не озвучит. Этот список не имеет окружающего текста, незрячий пользователь не узнает об окружающем контексте.

### **3. Альтернативный текст для описания графического контента.**

Когда программа чтения с экрана переходит к изображению, то она озвучивает «изображение», а затем читает альтернативный текст этого элемента. Альтернативный текст должен быть указан разработчиком, а если он отсутствует, то программа чтения с экрана пропустит его. По этой причине альтернативный текст необходимо обязательно указывать для изображений, но он должен быть кратким и понятным.

4. Использование заголовков для организации содержимого страницы.

Программы экранного доступа позволяют пользователям просматривать страницы, чтобы получить общее впечатление об их содержимом. Одним из распространенных способов такого обзора является переход от заголовка к заголовку.

Пользователи могут услышать описание ключевой информации страницы, а затем вернуться назад, чтобы прочитать разделы, которые их больше всего интересуют. К сожалению, слишком много веб-сайтов не имеют заголовков на страницах. Без заголовков этот метод быстрого просмотра контента практически невозможен. Поэтому, крайне важным правилом является обозначение каждого раздела информации своим заголовком.

5. Использование описательных заголовков для каждой страницы.

Это еще одна передовая практика, которая приносит пользу всем пользователям. Наряду с заголовками, описывающими содержимое веб-страниц, страницы сайты всегда должны содержать заголовки, описывающие тему или цель страницы. Суть в том, что программы экранного доступа объявляют заголовок страницы (элемент «title» в разметке HTML) при первой загрузке веб-страницы. Пользователи, которые являются слабовидящими и нуждаются в использовании программы чтения с экрана, получают возможность сэкономить время, которое они потратили бы на прослушивание всех заголовков на странице, чтобы определить, какой информацией она обладает.

Методы, описанные в пунктах 3-5, используются для обеспечения наибольшей совместимости сайта с программой экранного доступа.

### **Заключение**

Использование электронных учебных пособий в образовательном процессе позволяет глубже изучить материал, познакомиться подробнее с интересующими или плохо усвоенными темами.

В результате проведения исследования была построена структура адаптированного пособия, создана концептуальная модель основных процессов его проектирования, а также их описание. Определены методы адаптации для слабовидящих и незрячих пользователей, которые будут использованы в процессе разработки.

Проведенное моделирование процессов позволило выявить проблемы и методы их решения до этапа разработки продукта.

На основе созданной модели будет разработано электронное учебное пособие, содержащее все описанные разделы, тестирование и оценку знаний. Электронный учебник будет полностью адаптирован для слабовидящих и незрячих пользователей.

### **Список литературы**

1. Андреев А. А. Дистанционное обучение и дистанционные образовательные технологии [Текст] / А. А. Андреев, В. И. Солдаткин //Cloud of science. – 2013. – №. 1. – С. 14-20.

2. Мантрова, М. С. Проектирование адаптированных образовательных программ: учебно-методическое пособие / М. С. Мантрова. – 2-е изд. – Москва: ФЛИНТА, 2021. – 127 с.

3. Овчинникова, К. Р. Дидактическое проектирование электронного учебника в высшей школе: теория и практика: учебное пособие / К. Р. Овчинникова. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2021. – 148 с.

4. Черткова, Е. А. Компьютерные технологии обучения: учебник для вузов / Е. А. Черткова. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2021. – 250 с.

5. Алексеев В.В., Дубровина О.В. Моделирование адаптации информационных ресурсов для слабовидящих и незрячих пользователей// Правовая информатика. 2021.№ 3. С. 68-76.



## **Компьютерная модель процессов наблюдения и наведения приборов в условиях дымки**

Ю. Л. Козирацкий, email: UrLeo@bk.ru  
Д. В. Прохоров, email: dvp2201@rambler.ru  
В. А. Баев, email: vova1052@mail.ru  
И. О. Головин, email: 89529526250@mail.ru

ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

**Аннотация.** *С использованием теории вероятностей, теории графов и методов преобразования Лапласа разработана компьютерная модель процессов наблюдения и наведения, позволяющая получать вероятностные показатели попадания зондирующих сигналов ручного лидара в цель в сложных условиях видимости с учетом временных характеристик процесса работы по цели и совокупности ошибок прицеливания.*

**Ключевые слова:** *компьютерная модель, дымка, наблюдение, наведение, оценка эффективности.*

### **Введение**

В настоящее время при выполнении задач обеспечения безопасности активно используются различные технические системы зондирования электромагнитным излучением. Так для контроля скорости широко используются ручные лидары и радары. На качество их применения могут влиять сложные метеоусловия. Возникает задача оценки эффективности выполнения задач оператором с использованием ручного лидара в условиях дымки.

Поэтому целью работы являлась разработка компьютерной модели, позволяющей оценивать эффективность процесса выполнения задач оператором с использованием ручного лидара в сложных метеоусловиях.

### **1. Постановка задачи**

Точность ориентирования лидара оператором может зависеть от характера цели, дальности до цели, условий видимости, уровня обученности оператора и других причин. В ходе наблюдения и наведения в виду сложных метеоусловий, например, наличие дымки, цель оператором может быть потеряна. В этих условиях наведение может вестись по памяти или опираясь на какую-либо другую (не

визуальную) информацию. Также в силу значительных колебаний коэффициента пропускания дымки [1-3] ориентирами оператору могут стать контрастные выбросы дымки, из-за чего точка прицеливания (ТП) оператора будет формироваться по случайному закону с ошибками, обусловленными множеством факторов. На рис. 1 представлена геометрия задачи. Допустим, что работа ведется одним оператором по объекту (цели), полностью прикрытому дымкой. В качестве показателя эффективности выполнения задач оператором с использованием ручного лидара примем вероятность попадания зондирующих сигналов прибора в цель  $P_n$ .

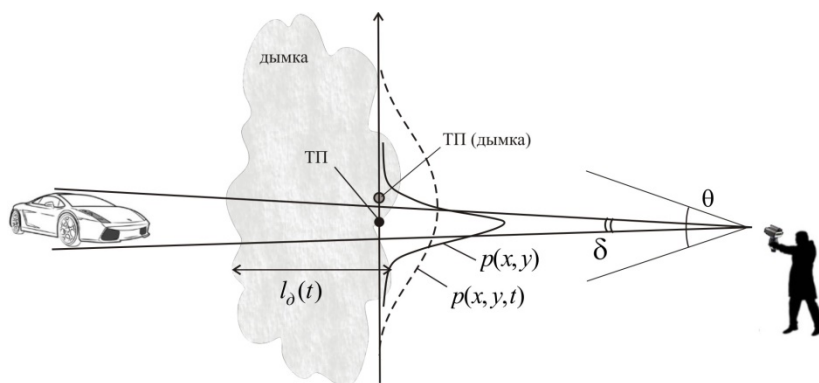
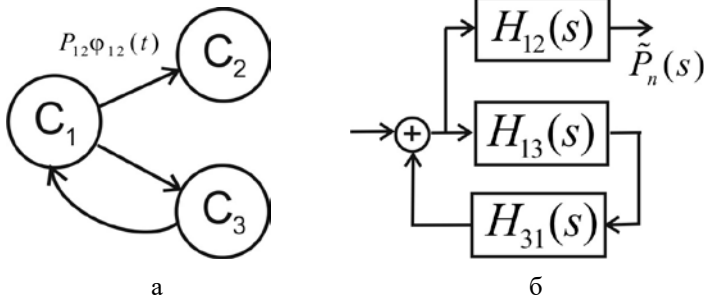


Рис. 1. К постановке задачи

## 2. Разработка аналитической модели

На рис. 2а представлен граф состояний, описывающий динамику процесса наблюдения и наведения прибора. Здесь приняты следующие обозначения:  $C_1$  – исходное состояние;  $C_2$  и  $C_3$  – состояния, при которых зондирующий сигнал прибора попал и не попал в цель соответственно в результате работы оператора. Каждый из переходов  $i \rightarrow j$  будет характеризоваться вероятностью и плотностью вероятности перехода  $P_{ij}, \varphi_{ij}(t)$ . Представим динамику рассматриваемого процесса в форме передаточных функций [3] (рис. 2б), где  $H_{ij}(s) = L_s [P_{ij} \varphi_{ij}(t)]$  – передаточная функция, представляющая собой преобразование Лапласа от произведения переходной вероятности на плотность вероятности времени перехода  $i \rightarrow j$ .



а – граф состояний, б – в форме передаточных функций

Рис. 2. Динамическая модель процесса наблюдения и наведения

Пользуясь методами теории автоматических систем [4], произведем, используя схему на рис. 2б, несложные математические преобразования и получим следующее выражение для определения передаточной функции процессов наблюдения и наведения

$$H_n(s) = \frac{H_{12}(s)}{1 - H_{13}(s)H_{31}(s)}. \quad (1)$$

Введем в рассмотрение цикличность процессов наблюдения и наведения, состоящую из  $n$  итераций. В результате применения к (1)  $z$ -преобразования получим [3]:

$$H_n(z, s) = \frac{H_{12}(s)}{1 - zH_{13}(s)H_{31}(s)}. \quad (2)$$

С учетом  $n$ -го числа циклов можно записать

$$H_n(n, s) = H_{12}(s)[H_{13}(s)H_{31}(s)]^n. \quad (3)$$

Вероятность события, состоящего в том, что к некоторому моменту времени  $t$  оператором прибора будет совершено ровно  $n$  попыток съема информации и произойдет попадание в цель, можно определить как

$$P_n(n, t) = L_s^{-1} \left\{ \frac{1}{s} H_{12}(s) [H_{13}(s)H_{31}(s)]^{n-1} \right\}. \quad (4)$$

Вероятность попадания зондирующего сигнала в цель в результате  $N$ -го числа попыток в зависимости от времени можно записать следующим образом

$$P_n(N, t) = \sum_{n=1}^N P_n(n, t). \quad (5)$$

В предположении того, что плотности вероятности распределения времени нахождения в одном состоянии при переходе в другое состояние определяются экспоненциальными распределениями, передаточные функции переходов определим, как

$$H_{12}(s) = P_{12} \frac{\lambda_{12}}{s + \lambda_{12}}; \quad H_{13}(s) = (1 - P_{12}) \frac{\lambda_{13}}{s + \lambda_{13}}; \quad H_{31}(s) = 1, \quad (6)$$

где  $\lambda_{13} = \lambda_{12}$  – интенсивности попыток, связанные со средним временем попыток обратной зависимостью  $\lambda = 1/\bar{\tau}$  [5],  $\bar{\tau}_{12} = \bar{\tau}_{подг} + \bar{\tau}_{прн} + \bar{\tau}_н + \bar{\tau}_з$ ,  $\bar{\tau}_{подг}$  – среднее время подготовки прибора к работе;  $\bar{\tau}_{прн}$  – среднее время принятия решения о наличии цели и направлении зондирования;  $\bar{\tau}_н$  – среднее время наведения;  $\bar{\tau}_з$  – среднее время зондирования.

При определении переходных вероятностей  $P_{12}$ ,  $P_{13} = 1 - P_{12}$  и средних времен необходимо учитывать допущение о том, что, когда визуальное обнаружение цели невозможно, определение направления зондирования осуществляется на основе либо априорной информации о цели, полученной до появления дымки, либо ориентированием оператора по шуму цели, другим ориентирам и по формируемому в поле зрения изображению дымки.

Вероятность  $P_{12}(t)$  можно определить следующим образом

$$P_{12}(t) = P_{подг}(t) P_{прн|подг}(t) P_{н|прн}(t), \quad (7)$$

где  $P_{подг}(t)$  – вероятность подготовки прибора к работе в зависимости от времени;  $P_{прн|подг}(t)$  – условная вероятность принятия решения о наличии цели (обнаружение) или направлении зондирования (когда цель не видна из-за дымки) в зависимости от времени;  $P_{н|прн}(t)$  – условная вероятность наведения и попадания в цель в зависимости от времени.

Определение условной вероятности  $P_{прн|подг}(t)$  возможно с использованием формул Байеса и полной вероятности [6]

$$P_{прн|подг}(t) = P_{обн}(t) P(H_1|A, t) + P_{напр}(t) P(H_2|A, t), \quad (8)$$

где  $P_{обн}(t)$  – вероятность обнаружения цели в зависимости от времени;  $P_{напр}(t)$  – вероятность принятия решения о направлении зондирования в условиях дымки в зависимости от времени;  $H_1$  – гипотеза о том, что оператор определил направление зондирования цели в результате ее обнаружения;  $H_2$  – гипотеза о том, что оператор определил направление зондирования цели наугад (цель не обнаружена);  $A$  – событие, заключающееся в том, что за время принятия решения о направлении зондирования оператор определит направление зондирования цели;

$$P(H_1|A, t) = \frac{P_{обн}(t)P(H_1)}{P_{обн}(t)P(H_1) + P_{напр}(t)P(H_2)};$$

$$P(H_2|A, t) = \frac{P_{напр}(t)P(H_2)}{P_{обн}(t)P(H_1) + P_{напр}(t)P(H_2)} - \text{апостериорные вероятности}$$

гипотез;  $P(H_1)$  и  $P(H_2)$  – вероятности гипотез.

Предположим, что поиск и наведение осуществляются невооруженным глазом, а дымка появилась на линии визирования «оператор – цель» в момент подготовки оператора к съему информации прибором. В этом случае сектор поиска сужается и представляет собой область неопределенности, обусловленную наиболее вероятным нахождением цели по представлению оператора.

Вероятность обнаружения невооруженным глазом протяженного одиночного подвижного объекта можно получить с использованием следующего выражения [7]

$$P_{обн}(t) = 1 - \exp \left( -t^2 \frac{C [KT_\delta]^2 \delta^3 [L_\phi T_\delta]^{0,3}}{\theta^2} \right), \quad (9)$$

где  $C$  – коэффициент, характеризующий индивидуальные способности наблюдателя (среднее значение –  $C_{cp} = 4 \text{ град.}^2 \text{ угл. мин.}^{-3} (\text{кд/м}^2)^{0,3} \text{ с}^{-2}$ );

$K = (L_\phi - L_o) / L_\phi$  – яркостный контраст объекта;  $L_\phi$  и  $L_o$  – яркости фона и объекта [ $\text{кд/м}^2$ ];  $\delta$  – угловой размер объекта [угл. мин.];  $\theta$  – угловой размер поля поиска [град.];  $T_\delta$  – коэффициент пропускания дымки.

Среднее время принятия решения об обнаружении цели с вероятностью  $P_{обн}$  можно определить следующим образом

$$\bar{\tau}_{обн} = \int_0^{\infty} t \cdot \frac{dP_{обн}(t, T)}{P_{обн}(t \rightarrow \infty)} dt . \quad (10)$$

Условную вероятность наведения и попадания в цель с учетом «фигурности» реального объекта поражения можно определить из выражения [2]

$$P_{н|прн}(t) = K_{\phi} \iint_{S_{он}} p(x, y, t) dx dy , \quad (11)$$

где  $K_{\phi} = S_{ц} / S_{он}$  – коэффициент фигурности;  $S_{ц}$  – площадь цели;  $S_{он} = x_{ц} y_{ц}$  – площадь описанного вокруг цели прямоугольника;  $x_{ц}$  и  $y_{ц}$  – размеры цели по горизонтали и вертикали соответственно;

$$p(x, y, t) = \frac{1}{2\pi\sigma_x(t)\sigma_y(t)} \exp \left\{ -\frac{[x - m_x(t)]^2}{2\sigma_x^2(t)} - \frac{[y - m_y(t)]^2}{2\sigma_y^2(t)} \right\} - \text{двумерная}$$

плотность вероятности распределения координат точек попадания  $x$  и  $y$ , как функция времени, где  $m_x(t)$ ,  $m_y(t)$  – математические ожидания координат точек попадания, как функции времени;  $\sigma_x(t)$ ,  $\sigma_y(t)$  – средние квадратические отклонения координат точек попадания в зависимости от времени;  $\sigma_x(t) = \sqrt{\sigma_n^2 + \sigma_a^2 + \sigma_{му}^2(t)}$ ,  $\sigma_n$  – ошибка наведения;  $\sigma_a$  – ошибка, обусловленная опытом и памятью оператора;  $\sigma_{му}(t)$  – ошибка, обусловленная ориентированием оператора по шуму цели и другим ориентирам;  $\sigma_y(t)$  – ошибка, обусловленная метеоусловиями, флуктуационными свойствами дымки; для  $\sigma_y(t)$  можно раскрыть аналогично.

### 3. Разработка компьютерной модели

Алгоритм оценки эффективности процессов наблюдения и наведения оператором ручного лидара в условиях дымки в виде блок-схемы представлен на рис. 3.

Для программной реализации алгоритма на компьютере была выбрана среда MATLAB (Simulink). Компьютерная модель в данной среде представлена на рис. 4.

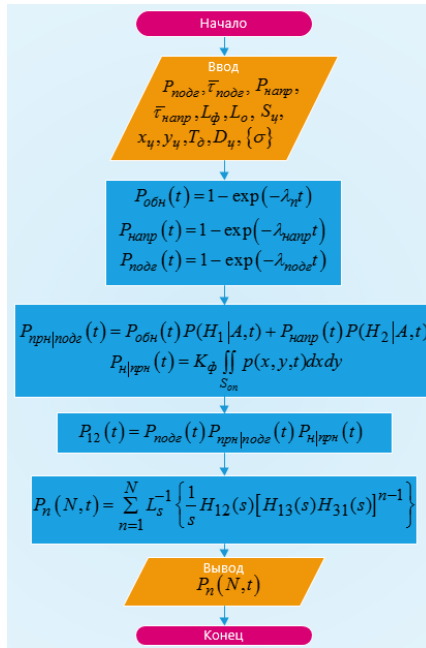


Рис. 3. Блок-схема алгоритма оценки эффективности рассматриваемого процесса

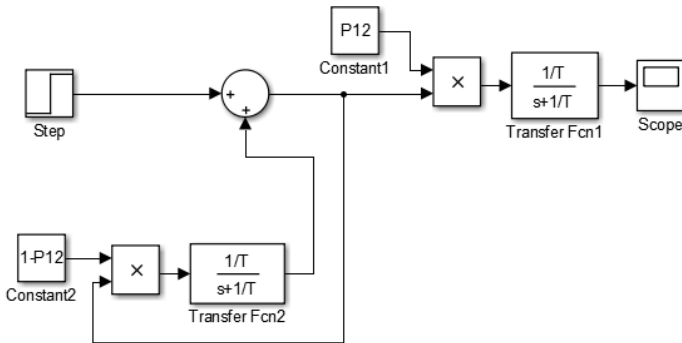


Рис. 4. Реализация алгоритма на компьютере в среде MATLAB (Simulink)

С целью проверки адекватности предлагаемой модели был проведен эксперимент на базе разработанной компьютерной модели для следующих исходных данных: начало системы координат совпадает с центром цели; размеры цели  $x_c = 3$  м;  $y_c = 2$  м;  $S_c = 5$  м<sup>2</sup>;  $\sigma_x = \sigma_y = 0,5$  м;  $D_c = 200$  м;  $\theta = 14^\circ$ ;  $L_\phi = 30$  кд/м<sup>2</sup>;  $L_o = 38$  кд/м<sup>2</sup>;  $P_{подг} = 0,95$ ;  $\bar{\tau}_{подг} = 3$  с;  $P_{напр} = 0,95$ ;  $\bar{\tau}_{напр} = 2$  с;  $T_0 = 0,85$  (без дымки; в условиях дымки 0,004). Результаты расчетов представлены на рис. 5.

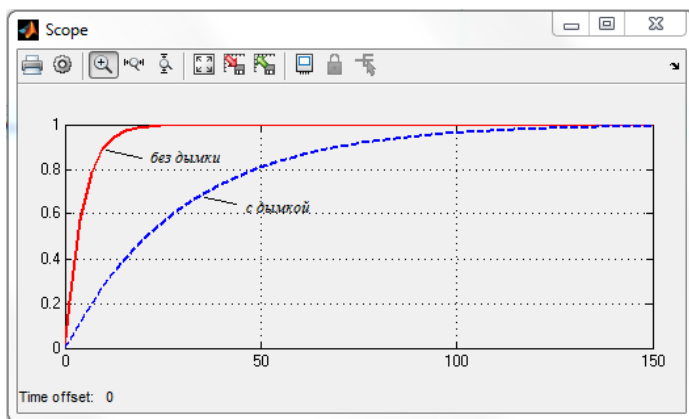


Рис. 5. Графики зависимостей вероятности попадания в цель от времени для случаев отсутствия и наличия дымки

Результаты анализа хода компьютерного эксперимента показывают адекватность разработанной модели изменяемым исходным данным. Компьютерное моделирование позволило повысить оперативность и точность расчетов, а также существенно снизить трудоемкость вычислений, особенно с увеличением числа циклов.

### Заключение

Таким образом, с использованием теории графов, теории вероятностей, методов преобразования Лапласа разработана компьютерная модель процессов наблюдения и наведения оператором ручного лидара в условиях дымки. Модель позволяет получать вероятностные показатели попадания зондирующих сигналов ручного лидара в цель в сложных условиях видимости с учетом временных характеристик процесса работы по цели и совокупности ошибок наведения, обусловленных рядом факторов, в том числе появлением



дымки. Применение математического аппарата производящих функций позволило определить вероятностные показатели процессов наблюдения и наведения с учетом цикличности, обусловленной количеством попыток зондирования цели. Использование при моделировании циклического процесса среды MATLAB (Simulink) существенно снизило трудоемкость вычислений.

### Список литературы

1. Козирацкий А. Ю. Поиск цели оптико-электронными средствами в условиях нестационарных маскирующих помех / А. Ю. Козирацкий, З. Б. Федукевич, Д. В. Прохоров, И. В. Бурзак // Радиотехника. – 2005. – № 7. – С. 63-65.
2. Козирацкий, Ю. Л. Методика оценки эффективности применения аэрозольных образований для защиты объектов от прицельной стрельбы из гранатомета / Ю. Л. Козирацкий, Д. В. Прохоров // Журнал Сибирского федерального университета «Техника и технологии». – 2020. – № 13(7). – С. 894-905.
3. Козирацкий Ю. Л. Модели информационного конфликта средств поиска и обнаружения: монография / Козирацкий Ю. Л. под ред. Ю. Л. Козирацкого. – М.: Радиотехника, 2013. – 232 с.
4. Зайцев, Г. Ф. Теория автоматического управления и регулирования / Г. Ф. Зайцев. – Киев: Высш. шк. Головное изд-во, 1989. – 431 с.
5. Козирацкий Ю. Л. Модели пространственного и частотного поиска: монография / Ю. Л. Козирацкий; под ред. Ю. Л. Козирацкого. – М.: Радиотехника, 2013. – 344 с.
6. Шторм, Р. Теория вероятностей. Математическая статистика. Статистический контроль качества / Р. Шторм. / – М.: Мир, 1970. – 368 с.
7. Травникова, Н.П. Эффективность визуального поиска / Н. П. Травникова. – М.: Машиностроение, 1985. – 128 с.

## К вопросу моделирования устройств подавления помех для систем дистанционного управления движением технологических машин

Кононов А.Д., email: kniga126@mail.ru<sup>1</sup>  
Кононов А.А., email: kniga\_777@mail.ru<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Воронежский государственный технический университет

<sup>2</sup> Воронежский государственный университет

**Аннотация.** *Рассматриваются принципы и практические модели устройств, позволяющих повысить помехозащищенность систем дистанционного управления движущимися технологическими машинами различного назначения в условиях сложной помеховой обстановки.*

**Ключевые слова:** *система управления, модель, технологические машины, импульсные помехи, флуктуационные помехи, компенсационные схемы.*

### Введение

В настоящее время известен ряд систем [1] управления (СУ) работой мобильных объектов (МО), содержащих фазоразностное координатомерное устройство [2], вычислительные блоки [3], канал радиуправления с выходом на исполнительные механизмы (ИМ), расположенные на самоходных технологических машинах (ТМ) различного назначения [4-6].

Одним из наиболее важных требований, предъявляемых к системам радиуправления и связи, является неискаженность (достоверность) информации, передаваемой от источника к получателю. В реальных условиях выполнению этого требования неизбежно препятствуют ошибки, которые вызываются внешними помехами, поступающими на вход приемного устройства из канала связи, внутренними шумами, возникающими в самом приемном устройстве, искажениями сигнала, связанными непосредственно с прохождением его по радиоканалу [7]. В настоящее время задачу оптимизации решающей схемы при одновременном воздействии разнородных помех нельзя считать решенной [1,7]. На практике обычно используются компромиссные способы, позволяющие в определенной степени подавлять импульсные помехи и осуществляющие одновременно частичную защиту от сосредоточенных помех. Этим и объясняется

многообразие способов защиты приемных устройств от помех различной природы.

### 1. Моделирование устройств защиты от помех

Подавление импульсных помех путем их компенсации основано на взаимном вычитании импульсных помех в основном (сигнальном) и во вспомогательном (компенсационном) трактах. Идея компенсации помех иллюстрируется на рис. 1.

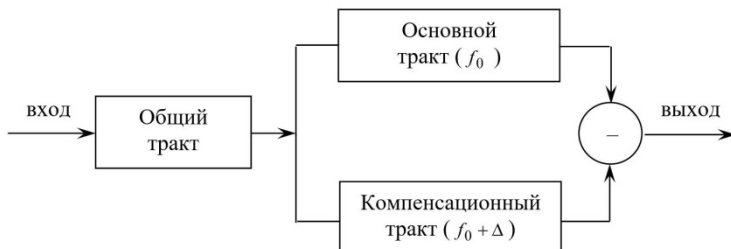


Рис. 1. Компенсационная схема для моделирования подавления импульсных помех со взаимным вычитанием

Импульсная помеха, ввиду ее кратковременности, ударно возбуждает колебания одновременно в обоих трактах – в основном и в компенсационном. Начальная фаза колебаний в обоих трактах, определяющаяся моментом возникновения помехи, будет одинаковой, а частоты колебаний помех равны собственным (резонансным) частотам трактов [7, 8].

Заметим, что форма импульсных помех не зависит от частоты настройки резонансной системы, а определяется только видом резонансной характеристики и эффективной полосой частот системы. Следовательно, импульсы помех на выходе основного и компенсационного трактов будут иметь тождественно одинаковые формы, если:

- тракты имеют одинаковые резонансные характеристики и равные эффективные полосы частот;
- спектральная плотность помехи постоянна в пределах полос частот обоих трактов.

Компенсация импульсных помех будет тем более полной, чем будет меньше отличие между частотами настроек основного и компенсационного трактов, так как в этом случае спектральная

плотность в полосах обоих каналов будет практически одинакова. Поэтому расстройка основного и дополнительного трактов по частоте должна быть минимальной, но достаточной для того, чтобы энергия сигнала не проникала в компенсационный тракт.

При выполнении сформулированных условий одиночные импульсы помехи в отсутствие сигнала в помехе (рис.1) компенсируются полностью.

Поведение компенсационной схемы подобно действию схемы с ограничителем, находящимся между широкополосным и узкополосным трактами (ШОУ) [1], в которой сигнал практически полностью подавляется в интервале длительности помехи с амплитудой, превышающей амплитуду сигнала. Однако, разница состоит в том, что длительность импульса помехи, в интервале которой подавляется сигнал в схеме ШОУ, определяется полосой частот широкополосного тракта и не зависит от полосы пропускания узкополосного тракта, параметры которого определяются параметрами сигнала, тогда как в компенсационной схеме длительность импульсной помехи определяется полосой частот узкополосного фильтра. Из этого следует преимущество схемы ШОУ, что длительность и, следовательно, энергия импульсной помехи в ней может быть сделана, как угодно, малой. В компенсационной же схеме возможность уменьшения длительности и энергии импульсной помехи ограничивается параметрами самого сигнала.

Возможность компенсации в радиочастотном тракте импульсной помехи по ее мгновенному значению основывается на том, что импульсные помехи в основном и компенсационном трактах имеют одинаковые начальные фазы и амплитуды, и отличаются лишь частотами заполнения. Общий принцип компенсации импульсных помех по мгновенным значениям состоит в преобразовании частоты заполнения импульсной помехи в компенсационном тракте в частоту, равную частоте сигнала, и последующем вычитании из суммарного колебания сигнала и помехи в основном тракте колебания помехи компенсационного тракта.

Идея компенсации импульсных помех по их мгновенным значениям поясняется на рис.2. Этот способ линейной компенсации (до детектора, по мгновенным значениям) принципиально позволяет осуществить полную компенсацию импульсных помех.

Сравним схему ШОУ с компенсационной схемой при минимальной полосе частот широкополосного тракта схемы ШОУ, равной сумме полос частот основного и компенсационного трактов компенсационной схемы (рис.2), то есть при

$$\Delta f_{эф.ш} = 2\Delta f_{эф.у} \quad (1)$$

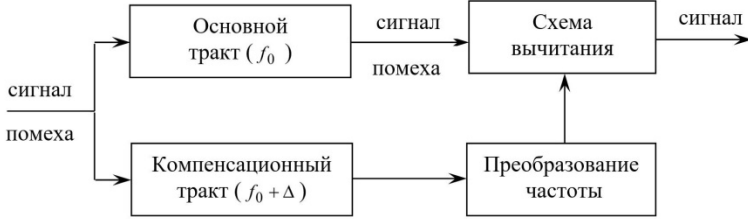


Рис. 2. Компенсационная схема для моделирования подавления импульсных помех с преобразованием частоты заполнения

Заметим, что при таком соотношении полос частот до и после ограничителя схема ШОУ по помехоустойчивости относительно сосредоточенных помех будет не хуже компенсационной помехи. В рассматриваемом случае энергия сигнала в схеме ШОУ при воздействии импульсных помех уменьшается на величину

$$\Delta E = \frac{b}{\Delta f_{эф.ш}} = \frac{b}{2\Delta f_{эф.у}} = 0,5 \frac{b}{\Delta f_{эф.у}}, \quad (2)$$

где  $b$  – коэффициент пропорциональности; для импульсной помехи на выходе одиночного колебательного контура [1]

$$b = \frac{1}{2} \ln \frac{2S_0 \cdot \Delta f_{эф}}{U_0}, \quad (3)$$

$S_0$  - спектральная плотность,  $U_0$  - амплитуда порога ограничения.

В компенсационной схеме энергия сигнала уменьшается на величину

$$\Delta E = \frac{b}{\Delta f_{эф.у}}. \quad (4)$$

Следовательно, в модели компенсационной схемы потери энергии сигнала в два раза больше потерь в схеме ШОУ.

С приведением полярности выходного напряжения в модели компенсационной схемы к знаку сигнала энергия сигнала уменьшается на величину

$$\Delta E \approx 0,4 \frac{b}{\Delta f_{эф.у}}, \quad (5)$$

то есть практически одинаковую с величиной в схеме ШОУ.

Основным недостатком модели по схеме ШОУ является наличие принципиально нелинейного элемента – ограничителя, ухудшающего помехоустойчивость схем приема сигналов относительно сосредоточенных помех, то есть ухудшающего реальную частотную избирательность схемы.

Наличие ограничителя мало оправдывается тем, что он предназначен в схеме в основном для подавления одиночных импульсных помех, следующих с большим или меньшим интервалом во времени. Следовательно, модель по схеме ШОУ работает непрерывно в линейном режиме, тогда как необходимость в нем возникает лишь при появлении импульсных помех.

## 2. Модель приемного устройства с переключением режимов работы

Из вышеизложенного следует, что наилучшей схемой для комплексной защиты от различных видов помех была бы схема, которая включалась бы по принципу ШОУ лишь в моменты возникновения кратковременных импульсных помех и оставалась бы в линейном режиме в остальное время приема сигналов, обеспечивая максимальную защиту приема от сосредоточенных и флуктуационных помех. Таким образом, целесообразно применять прерывание в широкополосных цепях приемного устройства, где импульсные помехи имеют малую длительность по сравнению с длительностью наиболее короткого элемента сигнала. Этим требованиям отвечает приемное устройство, модель которого изображена на рис.3.

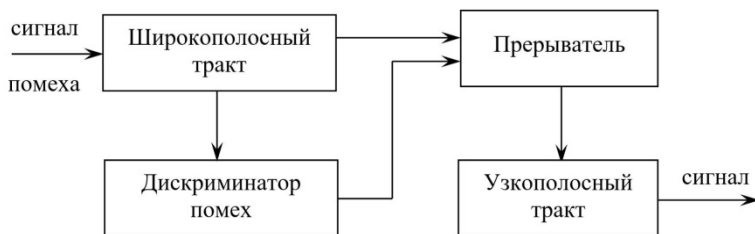


Рис. 3. Модель приемного устройства с переключением режимов работы

В приведенной модели прерыватель управляется напряжением, подаваемым с дискриминатора помех. Импульсная помеха обнаруживается на входе приемного устройства (широкополосный

тракт) дискриминатором помех, с которого поступают команды на прерыватель для временного отключения узкополосного тракта от широкополосного, в результате чего на выходе системы напряжение помех будет отсутствовать.

Если полагать, что приемник полностью выключается («запирается») на время действия импульсной помехи, то энергия сигнала, подавляемого импульсом помехи, в рассматриваемом случае будет уменьшаться на величину

$$\Delta E = \frac{b}{\Delta f_{эф.ш}}. \quad (6)$$

Следует отметить, что при достаточно большой  $\Delta f_{эф.ш}$ , это уменьшение будет ничтожно малым.

### **Заключение**

В результате проведенных исследований установлено, что модели, построенные по принципу ШПУ, комплексно удовлетворяют требованиям борьбы с разнородными помехами, то есть обеспечивают практически полное подавление импульсных помех и не слишком ухудшают помехоустойчивость сосредоточенных и флуктуационных помех, что позволяет рекомендовать их для создания устройств защиты команд радиоуправления при работе технологических машин в сложной помеховой обстановке.

### **Список литературы**

1. Кононов, А.Д. Анализ информационных технологий при построении дешифраторов с частотной и кодовой селекцией сигнала для моделирования и поддержки дистанционного управления функционированием комплекса мобильных объектов в сложной помеховой обстановке / А.Д. Кононов, А.А. Кононов // В сборнике: Информатика: проблемы, методы, технологии. Материалы XXI Международной научно-методической конференции. – Воронеж, – 2021. С. 404-410.

2. Кононов, А.Д. Информационные технологии применения фазоразностных навигационных систем для управления движением группы мобильных объектов / А.Д. Кононов, А.А. Кононов // Вестник ВГУ. Сер. Системный анализ и информационные технологии. – 2017. – № 2. – С. 46 – 50.

3. Маршаков, В.К. Экспериментальные исследования разностно-дальномерной системы управления движением мобильных объектов / В.К. Маршаков, А.Д. Кононов, А.А. Кононов // В сборнике: Радиолокация, навигация, связь. Сборник трудов XXIV Международной

научно-технической конференции. В 5-и томах. – Воронеж, 2018. – С. 300 – 309.

4. Авдеев, Ю.В. Устройство цифровой обработки выходных сигналов координатомерной системы для дистанционного управления землеройно-транспортными машинами / Ю.В. Авдеев, А.Д. Кононов, А.А. Кононов, Н.А. Варданын // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2011. – № 10 (634). – С. 74-79.

5. Авдеев, Ю.В. Сравнительный анализ фазовых методов определения координат в задачах дистанционного автоматического управления машинами дорожно-строительного комплекса / Ю.В. Авдеев, А.Д. Кононов, А.А. Кононов, Н.А. Варданын // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2014. – № 1 (661). – С. 86-93.

6. Кононов, А.Д. Построение оптического устройства для выделения траекторий движения в системах дистанционного управления рабочими агрегатами / А.Д. Кононов // В сборнике: Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве. Материалы Международной научно-практической конференции. В 3-х томах. Редколлегия: П.П. Казакевич (гл. ред.), О.О. Дударев. – Минск, 2011. – С. 118 – 123.

7. Кононов, А.Д. Моделирование методов приема информационного сигнала для дистанционного управления движением мобильных объектов в условиях наличия помех в радиоканале / А.Д. Кононов, А.А. Кононов // В сборнике: Информатика: проблемы, методология, технологии. Сборник материалов XIX международной научно-методической конференции. Под ред. Д.Н. Борисова. – Воронеж, – 2019. – С. 399-404.

8. Тихонов, В.И. Сравнительный анализ и синтез радиотехнических устройств и систем / В.И. Тихонов, В.Н. Харисов. – М.: Радио и связь, 2004. – 608 с.



# Реконструкция пространственной структуры фицина

В. А. Королева<sup>1,2</sup>, email: koroleva\_victoria@bk.ru

М. С. Кондратьев<sup>1,3</sup>,

М. Г. Холявка<sup>1</sup>,

В. Г. Артюхов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Воронежский государственный университет

<sup>2</sup> Воронежский государственный медицинский университет

<sup>3</sup> Институт биофизики клетки РАН

**Аннотация.** Методами высокопроизводительного компьютерного моделирования выполнена реконструкция пространственной структуры фицина (КФ 3.4.22.3) из *Pisum sativum* (GenBank: AAB41816.1). Приведена детализация методики получения модели, которая может быть использована как в научных, так и в образовательных целях.

**Ключевые слова:** фицин, реконструкция, гомология, банк белковых структур

## Введение

Цистеиновые протеазы широко используют в пищевой промышленности (пивоварение, хлебопекарное дело, изготовление мясных и рыбных продуктов), химической промышленности (синтез пептидов и аминокислот, в качестве активного вещества многих детергентов), в фармацевтической промышленности и медицине (антигельминтные агенты, в качестве противовоспалительных веществ, как альтернатива антибиотикам) [1].

Цистеиновые протеазы включают десять кланов: CA, CD, CE, CF, CH, CL, CM, CN, CO и C-. Большая часть растительных тиоловых протеолитических ферментов относится к семейству C1 (клан CA). Протеазы семейства C1 синтезируются с сигнальным пептидом, который обеспечивает их доставку к конкретным клеточным компартментам, и пропептидом, который в дальнейшем отщепляется для активации фермента. Глобула этих протеаз содержит совокупности  $\alpha$ -спиралей (R-домен) и  $\beta$ -складчатостей (L-домен), разделенных канавкой, содержащей активный центр, образованный остатками Cys-25 и His-159, которые расположены на разных сторонах канавки и обнаруживаются у всех членов семейства C1. Другими остатками, важными для катализа, являются Gln-19, который, как полагают, помогает в образовании оксианионного канала и Asp-175, который ориентирует имидазольное кольцо His-159 [2].

Цистеиновые протеазы в основном получают из тропических растений родов *Carica* (папайн, химопапайн, карикаин), *Ficus* (фицин), *Ananas* (бромелин,

ананаин и др.). Данные тиоловые протеазы весьма популярны благодаря своим свойствам: высокая субстратная специфичность, широкие диапазоны pH (от 5.0 до 8.0) и температуры (оптимумы функционирования ферментов лежат в пределах от 40 до 70 °C). Молекулярная масса большинства тиоловых протеаз составляет 25-30 кДа [1].

В 2011 году Azarkan с соавторами представили данные о вторичной структуре молекулы фицина C, которая содержит  $24 \pm 4$  %  $\alpha$ -спиралей,  $22 \pm 4$  %  $\beta$ -слоев,  $18 \pm 2$  % поворотов цепей и  $36 \pm 3$  % неупорядоченных участков. Эти значения близки к показателям вторичной структуры папаина [3].

Так как фицин активно используется в пищевой промышленности, обладает потенциальными свойствами для эффективного применения в медицине и фармакологии, необходимо более глубокое изучение структуры молекулы фермента. Знания о третичной структуре энзима помогут понять и предсказать поведение биокатализатора в условиях различного микроокружения [4].

Для получения структуры белка с неизвестной пространственной организацией существует ряд способов, основанных на компьютерном моделировании. В первую очередь, например, сворачивание полипептидной цепи в структуру с минимумом энергии (из разветвленной конформации) посредством расчета траектории молекулярной динамики или расчетов по методу Монте-Карло. Несколько позже появились распределенные вычислительные сети, знаменитые Folding@home и Rosetta@home.

Вторым широко-используемым подходом к получению третичных структур белков является моделирование укладки полипептидной цепи *de novo* (иногда говорят *ab initio*), т.е. по анализу «текста» аминокислотной последовательности. Для каждого остатка известна тенденция быть в составе того или иного типа вторичной структуры. Оперирруя этими данными, современные алгоритмы предсказывают содержание  $\alpha$ -спиралей,  $\beta$ -слоев и неупорядоченных участков.

Третий распространенный подход – это моделирование на основании гомологии, который был использован в данной работе. Подбор и анализ близких по аминокислотной последовательности белков, для которых пространственная структура уже экспериментально установлена и депонирована в Protein Data Bank, позволяет с высокой степенью достоверности предсказать третичную структуру белка. Процесс моделирования по гомологии включает несколько шагов, главными из которых являются поиск структурного шаблона и построение диаграммы аминокислотного выравнивания. Решающим фактором, определяющим качество получаемых моделей, является степень гомологии (или идентичности) последовательностей моделируемого белка и шаблона (лучше если >30%).

Целью работы была реконструкция пространственной структуры фицина (КФ 3.4.22.3) из *Pisum sativum* (GenBank: AAB41816.1) на основе структуры молекулы papain из *Carica papaya* (PDB-ID: 9PAP).

### Изучение пространственной структуры фицина

Поиск гомологов фицина (КФ 3.4.22.3) из *Pisum sativum* (GenBank: AAB41816.1) производился с помощью серверов FASTA и PSI-BLAST в базе структур белков PDB. Далее осуществлялось множественное выравнивание с помощью сервера CLUSTALW. Расчеты и визуализацию выравнивания выполняли в биоинформатическом пакете UGENE 1.25. Для финальной процедуры создания и верификации модели, построенной по сиквенсу изучаемого белка и PDB-каркасу гомолога, был использован пакет PyMol.

Основой для реконструкции пространственной структуры белка фицина послужил его сиквенс (GenBank: AAB41816.1), а также сиквенс и координаты атомов близкого гомолога – папаина (PDB-ID: 9PAP). Результаты множественного выравнивания этих протеаз приведены на рис. 1.

```

CLUSTAL O(1.2.4) multiple sequence alignment

9PAP ----- 0
Pisum_sativum MASILYSLILFGLITLSSLDMSSGRSNKEVMTMYEKWLKVKQKVVYGLGEKNQRFQIFK 60

9PAP ----- 0
Pisum_sativum DNLIFIDEHNIAPNHSYRVGLNEFSDITNKEYRDTYLSRWISNINIKNKITSVRYAYKAGHN 120

9PAP --IPEYVDNRQKGAVTPVKNNQSGSCGWAFAVVTIEGIIKIRTGNLQVSEQLLDCDR 58
Pisum_sativum NKLPSVSDNR--GALTPKNNQSGCGACWAFSAVAVEATNKIVTGSGLVLSLSEQLVDCDR 178
:* **** **:*:*****:*****:;:* ** ** * . *****:**

9PAP R-SYGCNGGYPNSALQLVA-QYGIHYRNTYPYEGVQRVCRSREKGPYAAKTDGVRQVQPY 116
Pisum_sativum TKNKGCNGGNQVNYRFIVENGGLDSQIDYPYLRQSTCNQAKKNTKVVSIKNGYKVNQRN 238
. ***** .* :;: . :* . : **** * * . . . :* :**

9PAP NQGALLYSIANQPVSVVLQAAGKDFQLYRGGIFVGPCGNKVDHAVAAVGYGP---NYIL 172
Pisum_sativum SESALMEAVANQPVSVGIEAYGKDFQLYQSGVFTGSCGSLDHAVVWVGYGSENGKDYHL 298
.:.*: :;***** :* *****:;:* ** ** . . .***** **

9PAP IKNSWGTGWGENGYIRIKRGTGN-SYGVCGLYTSSFPYVKH----- 212
Pisum_sativum VKNSWGTNWGERGYLKIERNLKNNTGKCGIAPHDATYPTKLRNRESEVTNSGYEKLQMLVP 358
:*****:**:*:;:* * . * ** : : ** *

9PAP ----- 212
Pisum_sativum VLETPTIWA 367

```

Рис. 1. Результаты множественного выравнивания фицина и папаина

Говоря об особенностях пространственной структуры папаина следует отметить, что этот фермент имеет укладку цепи, типичную для тиоловых протеаз. Трехмерная структура молекулы папаина была одной из первых установленных белковых структур. Было показано, что

полипептидная цепь свернута в два домена примерно одинакового размера, но совершенно разной конформации.

После обработки исходных данных полученная структура была оптимизирована, отрелаксирована в силовом поле AMBER96 в течение 100 пикосекунд.

Нами было выявлено, что воссозданная модель фицина имеет на поверхности глобулы особый «карман», в котором и находятся предпочтительные места связывания крупных лигандов, тогда как мелкие агенты для сшивок связываются без четкой локализации, оказываясь разбросанными по глобуле фермента (рис. 2).



Рис. 2. Фицин [реконструкт из *Pisum*]. Активный центр CYS145 обозначен стрелкой

### Заключение

Выполнена реконструкция пространственной полноатомной структуры промышленно значимого для получения фармацевтических препаратов фицина (КФ 3.4.22.3) из *Pisum sativum* (GenBank: AAB41816.1). Приведена детализация методики получения модели, которая может быть использована как в научных, так и в образовательных целях.

### Список литературы

1. Feijoo-Siota, L. / Native and biotechnologically engineered plant proteases with industrial applications / L. Feijoo-Siota, T. G. Villa // Food Bioprocess Technol. – 2011. – Vol.4. – P.1066-1088.
2. Drenth, J. Structure of papain / J. Drenth // Nature. – 1968. – Vol.218. – P. 929-932.
3. Azarkan, M. / Selective and reversible thiol-pegylation, an effective approach for purification and characterization of five fully active ficin (iso)forms from Ficus carica latex / M. Azarkan // Phytochemistry. – 2011. – Vol. 72. – P. 1718-1731.
4. Baidamshina, D. R. / Targeting microbial biofilms using Ficin, a nonspecific plant protease roof / D. R. Baidamshina // Scientific Reports. – 2017. – Vol. 7. – P. 46068.

# Моделирование загрязнения атмосферного воздуха техногенно нагруженной территории

Л. Н. Костылева, email: kostyleva12@yandex.ru

А. Е. Кот

ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия  
им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина

**Аннотация.** *В статье рассматривается один из методов моделирования загрязнения атмосферного воздуха, а также представлены результаты оценки воздействия на окружающую среду открытой стоянки автотранспорта.*

**Ключевые слова:** *загрязнение окружающей среды, моделирование, выбросы, концентрация.*

## Введение

Загрязнение окружающей природной среды в настоящее время является очень актуальной проблемой. В крупных населенных пунктах огромный вклад в общее загрязнение воздушного пространства вносят автотранспортные средства [1]. Автотранспорт выбрасывает в атмосферу большое количество вредных веществ, негативно влияющих на природную среду и человека. В связи с этим необходимо постоянно вести наблюдения за выбросами автотранспорта с большой тщательностью [2].

В соответствии с природоохранным законодательством РФ нормирование качества природной среды проводится с целью установления предельно допустимых норм воздействия, которые должны гарантировать экологическую безопасность территории и обеспечивать устойчивое развитие всего общества [3].

Целью исследования является моделирование загрязнения воздушного пространства и проведение оценки воздействия на окружающую природную среду проектируемого объекта.

## 1. Результаты исследования

Проведение оценки воздействия на природную среду является обязательным этапом при проектировании объектов, оказывающих даже небольшое влияние на экологическую обстановку.

Исследования проводились на примере открытой стоянки автотранспорта, находящейся на территории крупного индустриального

центра и соответственно оказывающей воздействие на природу, а также проживающего в ее окрестностях населения. Автотранспортные средства на территории исследуемого объекта выделяют таких загрязняющих веществ, как NO<sub>2</sub>, NO, керосин, CO, SO, сажу (С).

Определение основных характеристик качественного и количественного состава газо-воздушных выбросов проводилось с использованием инструментальных методов на базе лицензированной лаборатории.

Расчеты выполнялись с применением специальных методик [4, 5] и компьютерной программы «Призма». Полученные в ходе расчета массы газо-воздушных выбросов сведены в таблицы 1 и 2.

Таблица 1

*Характеристика загрязняющих веществ, выбрасываемых исследуемым объектом*

<b>Вредное вещество</b>	<b>Код вещества</b>	<b>Валовый выброс, т/год</b>	<b>Максимально-разовый выброс, г/сек</b>
NO <sub>2</sub>	301	0,0414344	0,1242639
NO	304	0,0104645	0,0292608
Керосин	2732	0,0643968	0,1800667
CO	337	0,2547330	0,8914236
SO	330	0,0088409	0,0171635
Сажа	328	0,0054779	0,0177160

Таблица 2

*Данные по суммарным выбросам загрязняющих веществ*

<b>Код вещества</b>	<b>Вредное вещество</b>	<b>Количество ЗВ, т/год</b>	<b>Всего выброшено, т/год</b>
301	NO <sub>2</sub>	0,04	0,04
304	NO	0,01	0,01
2732	Керосин	0,06	0,06
337	CO	0,25	0,25
330	SO	0,0088	0,0088
328	Сажа	0,005	0,005

Выбрасываемые автотранспортом химические вещества можно разделить по фазовому состоянию на твердые (сажа) и газообразные ( $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}$ , керосин,  $\text{CO}$ ,  $\text{SO}$ ).

Максимальное значение приземной концентрации химического вещества,  $C_m$ ,  $\text{мг/м}^3$ , при выбросе газо-воздушной смеси от одиночного горячего источника с круглым устьем можно найти по формуле

$$C_m = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_{yx} \cdot \Delta T}}, \quad (1)$$

где  $A$  – коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы;

$M$  – мощность выброса,  $\text{г/с}$ ;

$F$  – безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе;

$m, n$  – коэффициенты, учитывающие условия выхода газо-воздушной смеси из устья источника выброса;

$\eta$  – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности;

$H$  – высота источника выброса над уровнем земли,  $\text{м}$ ;

$V_{yx}$  – расход газо-воздушной смеси,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$\Delta T$  – разность между температурой выбрасываемой смеси и температурой окружающего воздуха [5].

Значение коэффициента  $A$  определяется районом размещения объекта (данном случае  $A = 180$ ).

Значение коэффициента  $F$  для газообразных веществ принимается равным 1.

Расстояние  $X_m$ ,  $\text{м}$ , от источника до точки, в которой наблюдается максимальное значение приземной концентрации, при наличии неблагоприятных метеоусловиях можно найти по формуле

$$X_m = \frac{5 - F}{4} \cdot d \cdot H, \quad (2)$$

где  $d$  – безразмерный коэффициент [5].

Полученные результаты сведены в таблицу 3.



Результаты по рассеиванию загрязняющих веществ

Участок	Вещество	A	F	$V_m$	$W_0$ , м/с	$X_m$ , м	$C_m$ , мг/м <sup>3</sup>	$U_m$ , м/с
Открытая стоянка автотранспорта	NO <sub>2</sub>	180	1	0,988	7,6	48,45	1,4	1,83
	NO		1			48,45	5,38	
	Керосин		1			48,45	22,26	
	CO		1			48,45	174,24	
	SO		1			48,45	3,15	
	Сажа		1			24,23	0,48	

Расчеты свидетельствуют, что приоритетными поллютантами на данном объекте являются керосин и оксид углерода, следовательно, они вносят наиболее значимый вклад в загрязнение воздушного пространства данной территории.

На следующем этапе определяли значение суммарного выброса  $M_c$ , г/с (для вещества, обладающего суммацией воздействия).

Для всех рассматриваемых поллютантов построены карты-схемы рассеивания. Для примера на рис. 1 представлена карта-схема рассеивания керосина.

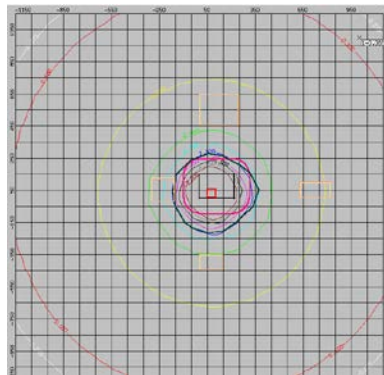


Рис. 1. Карта-схема рассеивания керосина

Затем построены границы санитарно-защитной зоны (ССЗ). По результатам выполнения расчетов в программе «Призма» построили карту-схему объекта с нанесенной на нее ССЗ.

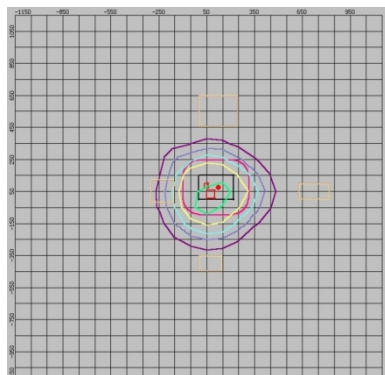


Рис. 2. Карта-схема объекта с нанесенной ССЗ

Далее следует проверить условия нормирования, в случае выполнения условия, целесообразно оставить скорректированные размеры ССЗ. В нашем случае расчеты показали, что для оксида углерода и оксида серы условие нормирования ( $C_m + C_{\phi} < ПДК$ ) – выполняется, а для остальных веществ условие не выполняется.

### Закключение

Таким образом, проведена оценка воздействия проектируемого объекта на природную среду, определены максимально разовые и валовые выбросы поллютантов. Для всех веществ найдены значения максимальной приземной концентрации, расстояния на которых она определяется, а также опасная скорость ветра. По приоритетным веществам, которыми в процессе расчетов оказались керосин и сажа, выполнен расчет рассеивания.

Результаты исследования показали, что химическое загрязнение при соблюдении соответствующих природозащитных мероприятий не превышает ПДК. Следовательно, рассматриваемый объект не будет оказывать значительного влияния на экологическую безопасность и здоровье проживающего вблизи населения.

### Список литературы

1. Израэль, Ю. А. Экология и контроль состояния природной среды. – Л. : Гидрометеоиздат, 1984. – 560 с.
2. Родионов, А. И. Техника защиты окружающей среды: учебник для вузов / А. И. Родионов, В. И. Клушин, Н. С. Торочешников. – М. : Химия, 1989. – 512 с.
3. Дьяконов, К. Н. Экологическое проектирование и экспертиза: учебник для вузов / К. Н. Дьяконов, а. В. Дончева. – М. : Аспект-Пресс, 2005. – 384 с.
4. Булгакова, Л. М. Оценка воздействия на окружающую среду и ЭЭ: учебное пособие / Л. М. Булгакова, Г. В. Кудрина, Р. Н. Плотникова. – Воронеж. гос. технол. акад. Воронеж, 2005. – 304 с.
5. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНД-86. Л. : Гидрометеоиздат, 1987.

# Алгоритмическая модель краткосрочного прогнозирования полей метеовеличин на основе полученных данных радиолокационных и наземных наблюдений

И. Е. Кузнецов, e-mail: vaiumet@mail.ru  
Д. В. Булгин, e-mail: d.bulgin77@yandex.ru  
С.Ю. Суворов

Военный учебный научный центр Военно-воздушных сил  
«Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и  
Ю. А. Гагарина» (г. Воронеж)

**Аннотация.** *На основе комплексирования данных, получаемых от метеорологических радиолокационных станций и наземных наблюдений в статье предлагается модель краткосрочного прогнозирования полей метеовеличин.*

**Ключевые слова:** *метеорологические радиолокационные данные, данные наземных наблюдений, фильтр Калмана.*

## Введение

В настоящее время информация, полученная с помощью метеорологических радиолокаторов, обладает своими преимуществами и недостатками. Наиболее важным преимуществом является возможность получения сведения о количестве облачности (N), водности облаков (F), интенсивности осадков (I) и видимости (V) на достаточно большой территории с хорошим пространственным (4x4 км) и временным (10 минут) разрешением. Одним из основных недостатков подобного рода данных является то, что они являются косвенными и зависят от факторов, определяющих распределение частиц по размерам и их фазовое состояние [1].

Совместное использование наземных и радиолокационных наблюдений позволит повысить качество прогнозирования и требует разработки алгоритмов согласования этих данных, поэтому задачу прогнозирования мезометеорологических полей на их основе необходимо решать в три этапа [2].

На первом этапе необходимо провести моделирование процесса получения информации о пространственно-временном распределении рассматриваемых МЭ с использованием статистических характеристик, а также построить модель радиолокационных измерений и модель аппроксимации данных наземных измерений.

На втором этапе необходимо разработать алгоритм коррекции поля радиолокационных измерений количества облачности, водности облаков, интенсивности осадков и видимости по данным наземных наблюдений. На третьем этапе оценить эффективность предлагаемой процедуры. Перейдем к рассмотрению данных вопросов.

### 1. Разработка алгоритмической модели

Предлагаемый алгоритм построен на основе использования статистических зависимостей между данными радиолокационных измерений отражательной способности метеорообъектов, полученными с метеорологических радиолокационных станций, и значениями интенсивности осадков), видимости, измеренных на метеостанциях, а также водностью облаков, восстановленной по данным температурно-ветрового зондирования атмосферы, и количеством облачности реализуется следующим образом:

1. На основе данных наземных наблюдений, полученных от метеостанций и постов, восстанавливается поле значений метеовеличин первого приближения с использованием метода сплайновой интерполяции.

2. По данным радиолокационных измерений ( $Z$ ) в каждой точке пространства (ячейке 20x20 км для количества облачности и 4x4 км для метеовеличин) рассчитываются значения метеозаэlements по формулам [3]:

$$I_{(x,y)} = 10^{\beta_1} \lg \frac{Z_{(x,y)}}{\alpha_1} \quad (1)$$

$$F_{(x,y)} = 10^{\beta_2} \lg \frac{Z_{(x,y)}}{\alpha_2} \quad (2)$$

$$V_{(x,y)} = 10^{\frac{1}{V_{0(x,y)}} \lg \frac{I_{(x,y)}}{-0,74}} \quad (3)$$

где  $\alpha_1, \alpha_2$  и  $\beta_1, \beta_2$  – коэффициенты, зависящие от вида и интенсивности осадков.

3. Проводится вариационный анализ радиолокационных и наземных измерений метеовеличин с использованием модели:

$$J = \int_{x_i}^{x_{i+1}} \int_{y_i}^{y_{i+1}} \left[ A(Q_{(x,y)} - Q_{0(x,y)})^2 + B(Q_{(x,y)} - Q_{1(x,y)})^2 + C \left( \frac{\partial(Q_{(x)} - Q_{1(x)})^2}{\partial x} + \frac{\partial(Q_{(y)} - Q_{1(y)})^2}{\partial y} \right)^2 \right] \cdot dx dy \rightarrow \min \quad (4)$$

где  $Q$  – искомое значение, которое является конечным результатом процедуры вариационного согласования;  $Q_0$  – значение первого

приближения, учитывающее информацию, полученную с сети метеорологических станций;  $Q_i$  – значение, полученное по данным радиолокационных наблюдений;  $A$ ,  $B$  – весовые коэффициенты, определяющие вклад каждого из слагаемых в вариационный анализ;  $x$  и  $y$  – координаты точки пространства, в которой определяется искомым метеоэлемент.

4. Разрабатывается прогноз искомого метеоэлемента ( $Q$ ) на основе модели оптимальной линейной фильтрации (фильтра Калмана), адаптированной к решению поставленной задачи по алгоритму, представленному на рисунке.

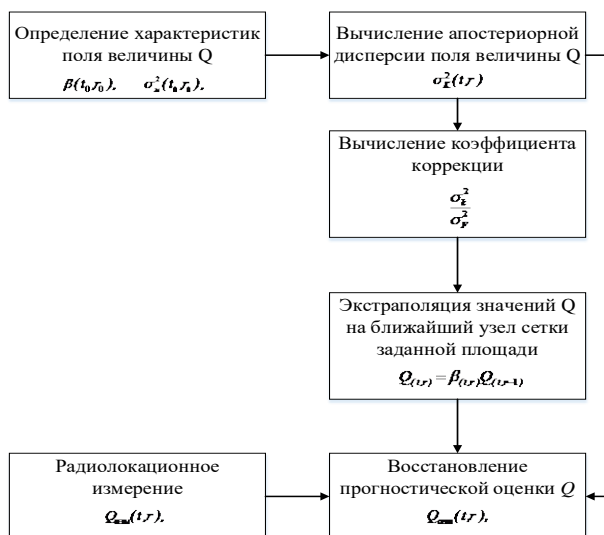


Рисунок. Алгоритм разработки прогноза искомого метеоэлемента

Отличительной особенностью предложенного алгоритма является учет физико-географических и климатических особенностей района исследования, а также использование моделей комплексирования разнородной метеорологической информации на основе данных радиолокационных и наземных наблюдений с учетом ошибок измерения метеопараметров.

Реализация данного алгоритма была осуществлена на основе архивных данных по территории Краснодарского края за период с 2015 по 2020 год. Полученные результаты были сравнены с измеренными

значениями искомым метеовеличин на станциях наблюдений, не включенных в общий расчет.

### **Заключение**

Полученная в ходе исследования алгоритмическая модель краткосрочного прогнозирования полей метеовеличин на основе полученных данных радиолокационных и наземных наблюдений может быть использована в прогностической практике метеорологических подразделений.

### **Список литературы**

1. Брылев Г. Б. Радиолокационные характеристики облаков и осадков / Г.Б. Брылев, С.Б. Гашина, Г.Л. Низдойминога // Л.: Гидрометеоиздат, 1986. 231 с.
2. Кузнецов И. Е. Алгоритмическая модель анализа поля метеорологической дальности видимости на основе комплексации радиолокационных и аэросиноптических данных / И. Е. Кузнецов, Д. В. Булгин, А. А. Насонов // Сборник статей по материалам XIX Международной научно-методической конференции «Информатика: проблемы методология, технологии». Ч. 2. Воронеж: ВГУ, 2019. С. 409-413.
3. Булгин Д. В. Методика оценки интенсивности осадков и водности облаков на основе данных дистанционных измерений / Д. В. Булгин, И. Е. Кузнецов // Сборник статей по материалам XXI Международной научно-методической конференции «Информатика: проблемы методология, технологии». Воронеж: ООО «ВЭЛБОРН», 2021. С. 420-426.

## Алгоритмы модификации погодных условий с использованием беспилотных летательных аппаратов

И. Е. Кузнецов <sup>1</sup>, email: vaiumet@mail.ru

А. И. Кузнецов <sup>2</sup>, email: vaiumet@mail.ru

<sup>1</sup> ВУНЦ ВВС «ВВА им. Проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

<sup>2</sup> МБОУ Лицей №6 г. Воронеж

**Аннотация.** В данной работе рассматриваются алгоритмы модификации облаков и осадков с использованием беспилотных летательных аппаратов.

**Ключевые слова:** модификация погоды, туманы, алгоритмы, беспилотные летательные аппараты, программа.

### Введение

Наметившийся рост опасных явлений погоды, связанный в первую очередь с климатическими изменениями, диктует необходимость разработки алгоритмов изменения погодных условий с целью снижения ущерба от их влияния на различные отрасли народного хозяйства. Существующие подходы к воздействию на атмосферные процессы и явления предусматривают использование различных реагентов путем их непосредственной доставки в облачные зоны с опасными явлениями погоды в основном специализированными грузовыми транспортными самолетами типа Ан-12, Ан-26, Ан-28, Ан-30, Ан-32, Ан-72, Ил-18, М-101 «Гжель» и Су-30, что делает такой процесс не всегда эффективным. Применяемые средства засева могут быть токсичными и, как правило, оказывают влияние на экологическую ситуацию [1, 3-5]. Особую популярность в различных сферах хозяйственной деятельности приобретают беспилотные летательные аппараты. Это связано в первую очередь с их возможностями выполнять задачи с меньшими финансовыми затратами, большей безопасностью и неприхотливостью к метам взлета и посадки по сравнению с пилотируемыми комплексами. Возможность их использования для решения задачи воздействия на атмосферные явления и процессы требует разработки соответствующего методического аппарата, реализованного в виде численных схем и алгоритмов.

В настоящее время воздействия на облака возможны в следующих случаях [1-5]:



– вызывание осадков из облаков, которые в своем естественном развитии не достигли дождевой стадии, с целью увлажнения почвы, создания дополнительного снегозапаса или предотвращения лесного пожара;

– интенсификация слабых или умеренных осадков с целью увеличения водосбора отдельных бассейнов;

– интенсификация процесса образования осадков из фронтальных облаков на подступах к определенной территории с целью ослабления или полного прекращения осадков над самой территорией;

– рассеяние низкой облачности с целью выполнения посадки или взлета летательных аппаратов, а также прямого визуального просмотра высоты наземных или, наоборот, с земли высотных целей и т.д.

Таким образом, все виды воздействий сводятся к двум основным направлениям: воздействиям с целью рассеяния облаков и воздействиям с целью вызывания (усиления) осадков.

Целью статьи явилось повышение качества модификации погодных условий путем разработки алгоритмов применения беспилотных летательных аппаратов и выбора способа воздействия на атмосферные явления для снижения возникновения непоправимого ущерба.

### **1. Способы применения беспилотных летательных аппаратов и алгоритмы воздействия на облака и туманы**

Одними из наиболее опасных с точки зрения взлета и посадки воздушных судов являются облака и туманы. Возможности воздействия на них ограничены тем, что в них отсутствует потенциальная фазовая неустойчивость, характерная для переохлажденных аэрозолей. Аэродисперсная система коллоидально устойчива, если она состоит из мелких капель, размеры которых мало отличаются друг от друга. Для нарушения устойчивости в облака или туман необходимо ввести частицы, которые ввиду специфических свойств могли бы быстро расти. Одними из таких веществ являются гигроскопические. В качестве гигроскопических веществ (реагентов) обычно используют следующие вещества: NaCl (поваренная соль), CaCl<sub>2</sub> или CaCl<sub>2</sub> · nH<sub>2</sub>O (кристаллогидрат хлористого кальция), как реагенты представляют интерес и некоторые минеральные удобрения (CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub> – карбамид, NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> – аммиачная селитра и некоторые другие) [1, 2].

Природа действия гигроскопических реагентов следующая. При введении в туман гигроскопических веществ (частиц-ядер конденсации или капель растворов), последние начинают быстро расти вследствие того, что давление водяного пара у поверхности гигроскопических реагентов оказывается значительно меньше, чем у поверхности капель тумана. Капли гигроскопических реагентов начинают быстро расти,

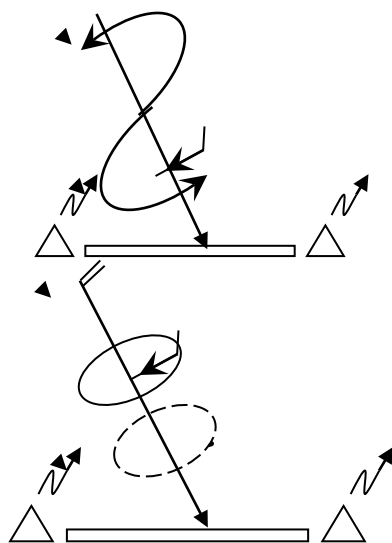
поглощая водяной пар, поэтому давление в тумане становится меньше насыщающего над каплями и капли испаряются. Этот процесс называется процессом конденсационной перегонки водяного пара с капель на реагенты. Перегонка происходит как в переохлажденном тумане, так и в тумане при положительной температуре. Однако по мере роста капель реагента концентрация растворенных в них солей, а тем самым и эффект снижения давления уменьшается, что является основной причиной, ограничивающей эффективность применения данного метода рассеяния тумана. При удачно подобранной концентрации капель реагента происходит улучшение видимости в тумане или его рассеяние. Такой подход требует большого количества реагента, что затруднительно при использовании БпЛА. Необходимо понимать, что при малой концентрации реагента просветление тумана окажется ничтожным, а при чрезмерной – видимость может не только не улучшаться, а наоборот – ухудшаться. Это произойдет в том случае, если суммарная площадь поперечного сечения вносимых в туман частиц реагента окажется больше, чем суммарная площадь поперечного сечения капель тумана до воздействия на него. Таким образом, улучшение видимости в тумане или его рассеяние происходит только при оптимально подобранной концентрации капель реагента. Повысить неустойчивость тумана или облачности возможно путем ионизации капель. Ионизатор легко размещается на беспилотнике.

Отдельным аспектом воздействия с применением БпЛА является выбор схемы засева. Полет при этом должен осуществляться по линии воздействия перпендикулярно направлению ветра на заданной высоте полета. В зависимости от скорости ветра предлагается использовать следующие схемы засева:

– при скорости ветра  $U \leq 3$  м/с - штилевую схему засева (рис. 1а), т.е. полет осуществляется змейкой от ближнего привода аэродрома в наветренную сторону;

– при скорости ветра  $4 \text{ м/с} \leq U \leq 12$  м/с - линейную схему засева (рис. 1б), полет осуществляется вдоль постоянной относительно местности линии с учетом смещения зоны рассеяния.

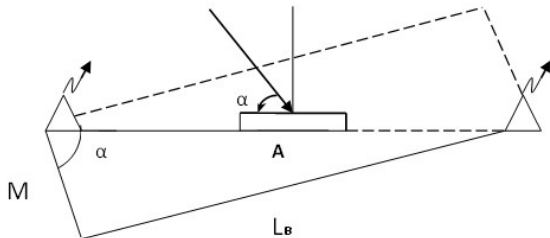
Количество БпЛА выбирается исходя из необходимого объема просветляемой зоны. При этом следует учитывать местные физико-географические особенности и тактико-технические характеристики выбираемых дронов. Для этого предлагается использовать следующий подход. Зная направление ветра, а также направление и длину просветляемой зоны (например, взлетно-посадочной полосы), можно определить длину воздействия  $L_v$  и глубину воздействия  $M$  (рис. 2.), а затем рассчитать необходимое количество БпЛА.



*a – штилевая схема воздействия*

*б – линейная схема воздействия*

*Рис. 1. Типовые схемы засева слоистой облачности и тумана*



*Рис. 2. Построение треугольника схемы воздействия.*

Для расчета возможности воздействия с использованием БЛИА рассмотрим туман, в котором существуют капли радиусом  $r_0$ , образовавшиеся на ядрах конденсации с концентрацией  $n_0$ . В туман вносят капли реагента радиусом  $R_n$  с концентрацией  $N$  или же их ионизируют. Для максимального размера капли, выросшей на частице реагента (ионизированной капли), можно определить оптимальную концентрацию раствора реагента (ионизированных капель) [2]. Зная оптимальную концентрацию капель гигроскопического реагента, можно

рассчитать расход реагента [2]. Как указывалось выше, оптимальной концентрации раствора реагента соответствует максимальное значение видимости. Известно, что величина видимости зависит от размеров капель и их концентрации, тогда ее значение несложно получить имея эти данные. Поскольку процесс коагуляции и выпадения капель происходит в динамике то и расчеты должны быть проведены с учетом изменения во времени заданных характеристик.

## 2. Численный эксперимент

Для оценки эффективности предложенных алгоритмов были проведены численные эксперименты по данным натурных наблюдений за туманами в Воронежской области. В качестве исходных данных брались данные температурно-ветрового зондирования атмосферы. По радиолокационным измерениям оценивалась водность облаков и туманов. В качестве схемы засева бралась штилевая. Размеры частиц реагента варьировались в различных пределах. Полученные результаты представлены на рис. 3, 4.

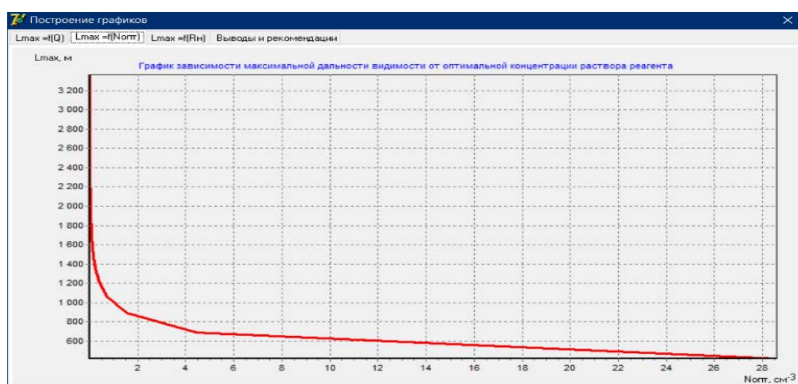


Рис. 3. График зависимости видимости в тумане от концентрации внесенного реагента

Анализ графиков позволяет заключить, что при повышении концентрации вносимых капель видимость существенно снижается. При этом существует его оптимальное значение. При увеличении размеров капель реагента видимость в тумане начинает расти нелинейно.

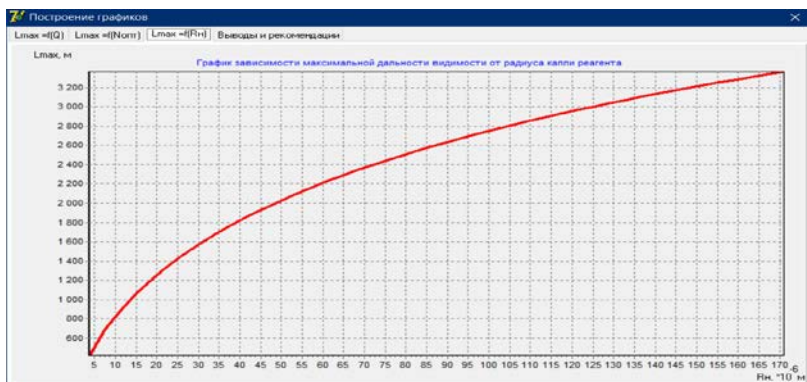


Рис. 4. График зависимости видимости в тумане от размеров образовавшихся частиц

### Заключение

Проведенное исследование и полученные результаты позволяют заключить о повышении эффективности воздействия на теплые облака и туманы с использованием БПЛА с ионизатором на борту по сравнению с традиционными методами.

### Список литературы

1. Качурин, Л. Г. Физические основы воздействия на атмосферные процессы / Л. Г. Качурин. – Л.: Гидрометиздат, 1990. – 464с.
2. Дорофеев, В.В. Воздействие на атмосферные процессы и явления / В.В. Дорофеев, И. Е. Кузнецов, А.Н. Маслобойщиков. – Воронеж: ВАИУ, 2010. – 164 с.
3. Зыкова, Е. Х. Воздействие на атмосферные процессы и явления / Е. Х. Зыкова; М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное гос. бюджетное образовательное учреждение высш. образования "Забайкальский гос. ун-т". – Чита: Забайкальский гос. ун-т, 2016. – 117 с.
4. Пермяков, Г. Н. Атмосферные явления природы и их регулирование / Г. Н. Пермяков. – М: Нестор-История, 2012. – 100 с.
5. Электронный каталог РГБ [Электронный ресурс]: база данных. – Режим доступа: <https://www.rsl.ru>

# Математическая модель и параллельный алгоритм для решения задачи фильтрации газа в пористых средах

Н. М. Курбонов, email: nozim\_kurbonov@mail.ru

Ташкентский университет информационных технологий  
имени Мухаммада аль-Хоразмий

**Аннотация.** В работе приведена трехмерная математическая модель и параллельный вычислительный алгоритм для решения задачи фильтрации газа в пористых средах при произвольных области. Для решения задачи разработан параллельный вычислительный алгоритм, основанный на конечно-разностной аппроксимации дифференциальных уравнений и последующем решении систем алгебраических уравнений.

**Ключевые слова:** Математическая модель, численный метод, параллельный вычислительный алгоритм, фильтрация, газ, пористая среда, вычислительная нагрузка.

## Введение

В ходе численного интегрирования задач массопереноса в пористых средах, описывающихся с помощью систем многомерных уравнений в частных производных с сосредоточенными и распределенными параметрами, приходится сталкиваться с необходимостью решения трех- или пятидиагональных систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) высокого порядка с одной и той же матрицей коэффициентов, но различными правыми частями.

При этом в зависимости от области фильтрации субстанции и шага интегрирования по пространственным переменным порядок формирующихся матриц может варьироваться от сотен до миллионов. В случае большой размерности системы решение таких задач закономерно требует значительных вычислительных ресурсов. Поэтому проблема разработки эффективных параллельных вычислительных алгоритмов для решения задач массопереноса в пористых средах не теряет своей актуальности [1, 6, 8].

## 1. Постановка задачи

Рассмотрим трехмерную математическую модель фильтрации газа в пористой среде. Основное уравнение имеет следующий вид [2-5, 7, 9, 16]:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{K}{\mu} b \rho \frac{\partial P}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{K}{\mu} b \rho \frac{\partial P}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( \frac{K_z}{\mu} b \rho \frac{\partial P}{\partial z} \right) = \frac{\partial}{\partial t} (m \rho) \tilde{b} \pm F_Q, \quad (1)$$

где

$$F_Q = \frac{Q P_{at}}{\Delta z \Delta x \Delta y} \cdot \frac{2\mu}{b \cdot K} \delta(x, y, z), \quad \delta(x, y, z) = \begin{cases} 1 & \text{при } (x, y, z) \in \gamma_V; \\ 0 & \text{при } (x, y, z) \notin \gamma_V. \end{cases}$$

Здесь  $Q$  – объемный расход (при атмосферном давлении) на скважинах;  $Q\rho$  – массовый расход;  $P$  – давление;  $P_{at}$  – атмосферное давление;  $\rho$  – плотность;  $b$  – мощность пласта;  $\tilde{b}$  – среднее значение мощности в сеточном квадрате;  $\Delta x, \Delta y, \Delta z$  – шаги по координатам  $x, y$  и  $z$  соответственно;  $m$  – пористость пласта;  $K, \mu$  – соответственно коэффициент фильтрации и вязкости газа;  $K_z = f(m, g)$ ;  $\gamma_V$  – множество точек области  $G$ , в которых могут присутствовать скважины.

К уравнению (1) добавляем начальные, граничные, а также внутренние условия:

$$P(x, y, z, t)|_{t=0} = P_{н}; \quad \oint \frac{K}{\mu} b \cdot \frac{\partial P}{\partial n} ds = c Q_V; \quad (2)$$

$$\left. \frac{\partial P}{\partial n} \right|_{\Gamma} = 0; \quad \left. \frac{\partial P}{\partial z} \right|_{z=0} = 0; \quad \left. \frac{\partial P}{\partial z} \right|_{z=H} = 0. \quad (3)$$

## 2. Метод решения

Как следует из постановки задачи (1)-(3), получить ее решение в аналитической форме затруднительно.

Поэтому, в данной работе предлагается эффективный метод конечно-разностной аппроксимации решения задачи, основанный на применении неявной конечно-разностной консервативной схемы [1-17]. Тем самым исходная задача (1)-(3) сводится к системе алгебраических уравнений, решая которую, определяем газодинамические параметры объекта.

Для этого вводим сетку по  $x, y, z$  и, используя схему продольно-поперечных направлений по осям  $Ox, Oy, Oz$ , линеаризуем нелинейные члены, получая в итоге трехдиагональные квадратные матрицы размерностью  $N_x * N_y * N_z$  следующего вида

$$A_1 x = \bar{b}_1, \quad A_2 x = \bar{b}_2, \quad A_3 x = \bar{b}_3$$

Здесь  $\vec{b}_1$  – вектор размерностью  $N_x$ ,  $\vec{b}_2$  – вектор размерностью  $N_y$ ,  $\vec{b}_3$  – вектор размерностью  $N_z$  [1,6,8].

Программная реализация рассмотренного алгоритма, как и в большинстве случаев нетривиальных задач, является попеременно последовательно-параллельной. На уровне кода программы распараллеливанию подвергается наиболее ресурсоёмкий участок, то есть решение системы алгебраических уравнений.

Исходная матрица  $A$  распределяется по  $p$  процессорам циклическими горизонтальными полосами с шириной полосы в одну строку. Такая строчно-циклическая схема подразумевает изменение на единицу номера процесса при переходе от строки к следующей строке. Применение данной схемы решает проблему балансировки вычислительной нагрузки и простоев процессоров, как это происходит при последовательно-строчной схеме, когда при одинаковом распределении строк каждая последующая итерация увеличивает число простаивающих процессоров.

Для операций над элементами матрицы  $A$  она трансформируется в одномерный массив, что связано с особенностями среды выполнения Java. Положение строк в одномерном массиве определяется с помощью набора значений смещения с интервалом равным количеству элементов в строке -  $n$ .

Параллельный алгоритм решения системы линейных уравнений методом прогонки состоит из двух этапов. На первом этапе выполняется исключение поддиагональных элементов матрицы (прямой ход). На втором этапе – исключение наддиагональных элементов, начиная с последнего (обратный ход). После этого получим значения неизвестных на границах полос разделения данных, а далее за один проход находим значения внутренних переменных.

Хотя рассматриваемый алгоритм предполагает оптимальную балансировку вычислительной нагрузки между узлами кластера, на общее время работы программы существенно влияют затраты времени на пересылку строк матрицы между процессорами. Поэтому эффективность работы алгоритма проявляется при большой размерности матриц, т.е. когда время на пересылку данных становится менее значимым по сравнению со временем, потраченным, непосредственно, на вычисления.

Данное обстоятельство приводит к необходимости соблюдения компромисса между желаемыми показателями ускорения и эффективности, т.е. сохранять соответствие между объёмом задачи и количеством задействованных узлов кластера. При необоснованном



увеличении числа процессов происходит замедление скорости вычислений. В нашем случае (матрица  $100 \times 100 \times 100$ ) ускорение прекращается при  $p > 8$ , а при малых размерностях матрицы ускорения не происходит вообще, напротив, время вычислений увеличивается.

### **Заключение**

Разработаны параллельный вычислительный алгоритм и программное обеспечение для решения задачи фильтрации газа в пористых средах при произвольной области фильтрации. Разработанный алгоритм и программное обеспечение обеспечивают значительное сокращение времени расчета по матрице с размерами  $100 \times 100 \times 100$  на кластере, по сравнению с использованием обычного метода вычислений на персональном компьютере.

### **Список литературы**

1. Курбонов Н.М. Трехмерная модель и эффективный алгоритм параллельного вычисления задачи фильтрации газа в пористых средах / Н.М. Курбонов, К.А. Ибрагимова // Информационные технологии моделирования и управления. – Воронеж, 2021. – № 2(124). – С. 96-106.
2. Kurbonov N. Numerical solution of the problem of gas filtration in porous media by the method of coordinate splitting / N. Kurbonov, K. Ibragimova // Journal of Mathematical and Computational Science. - 2021. - Vol. 11, Issue 6. - P. 7269-7286. - DOI: 10.28919/jmcs/5984.
3. Ravshanov N. Numerical simulation of gas filtration in a porous medium / N. Ravshanov, N. M. Kurbonov // Information technology modeling and management. – Voronezh, 2016. – № 1 (97). – Pp. 34-45.
4. Курбонов Н. Численное моделирование задачи фильтрации газа в пористых средах методом координатного расщепления / Н. Курбонов // Проблемы вычислительной и прикладной математики. – 2021. – №5(35). – С. 71-85.
5. Sadullaev R. Mathematical model and numerical algorithm for gas filtration in porous media / R. Sadullaev, N. Ravshanov, N. M. Kurbonov // Bulletin of Tashkent State Technical University. – Tashkent, 2011. – № 3-4. – Pp. 3-8.
6. Ravshanov N. Parallel computing algorithm for solving the problem of mass transfer in porous medium / N. Ravshanov, N. Mamatov, N. Kurbonov, D. Akhmedov // European Applied Sciences. – 2013. – № 3. – pp. 40-42.
7. Ravshanov N. Computational experiment for analysis of main parameters of the gas filtration process in porous medium / N. Ravshanov, N.M. Kurbonov // American Journal of Mathematical and Computational Sciences. - 2016. — № 1(1). — Pp. 29-36.

8. Kurbonov N.M. Parallel computational algorithm for solving gas filtration problems in porous media / N.M. Kurbonov, K.A. Ibragimova // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. – 2019. – Vol. 6, Issue 12. – Pp. 12129-12134

9. Kurbonov N.M. Computer model for study of gas filtration process in porous media / N.M. Kurbonov // Uzbek journal “Problems of Informatics and Energy”. –Tashkent, 2018. – № 3. –Pp.20-29.

10. Ravshanov N. An Approximate Analytical Solution of the Problem of Fluid Filtration in the Multilayer Porous Medium / N. Ravshanov, N. Kurbonov, A. Mukhamadiev // International Journal of Computational Methods. - 2016. — Vol. 13, № 6. — 1650042 [10 pages] .

11. Kurbonov N. Computer modeling of filtration processes with piston extrusion / N. Kurbonov, S. Aminov // Journal of Physics: Conference Series. - 2020. - Vol. 1441. - P. 012147. - DOI: 10.1088/1742-6596/1441/1/012147

12. Kurbonov N. Numerical Modeling of the Filtration Process During Oil Displacement by Gas / N. Kurbonov, K. Ibragimova // International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering. - 2020. - Vol. 9, Issue 5. - P. 8526-8532. - DOI: 10.30534/ijatcse/2020/232952020.

13. Равшанов Н. Моделирование процесса фильтрации трехфазной смеси «нефть-газ-вода» в пористых средах / Н. Равшанов, Н.М. Курбонов // Технология материалов. - Москва : Изд-во ИНГН, 2013. - №. - С.3-13.

14. Курбонов Н.М. Численное моделирование процесса фильтрации жидкостей и газа в пористой среде / Н.М. Курбонов., С.М. Аминов // Информационные технологии моделирования и управления. – Воронеж, 2019. – № 3(117). – С. 196-206.

15. Курбонов Н.М. Математическое моделирование задачи фильтрации газа в пористых средах методом координатного расщепления / Н.М. Курбонов, К.А. Ибрагимова // Theoretical & Applied Science. – 2021. – № 3(95). – Pp. 395-400.

16. Равшанов Н. Численное моделирование процесса фильтрации газа в пористой среде / Н. Равшанов, Н.М. Курбонов // Информационные технологии моделирования и управления. – Воронеж, 2016. – № 1(97). – С. 34-45.

17. Курбонов Н. Численное моделирование задачи фильтрации газа в пористой среде при наличии массообмена сквозь границы / Н. Курбонов // Проблемы вычислительной и прикладной математики. – 2022. – №6(45). – С. 68-81.

## Разработка компьютерной модели определения координат цели на основе алгоритма розеточного сканирования поверхности матричного фотоприемника

И. Ю. Курьянов, email: igku1@yandex.ru  
Ю. В. Кузьминов, email: kuzmin0v@mail.ru

ВУНЦ ВВС «ВВА им. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

**Аннотация.** *На основе алгоритма измерения координат цели с использованием розеточного сканирования мгновенным полем зрения фоточувствительной поверхности матричного фотоприемника разработана компьютерная модель определения угловых координат цели ракетой FIM 92E из состава переносного зенитного ракетного комплекса «Stinger RMP».*

**Ключевые слова:** *розеточное сканирование, управляемая ракета, головка самонаведения.*

Опыт последних локальных конфликтов показывает весьма значимую роль армейской авиации (АА), решающей широкий спектр задач [1]. Постоянное использование средств армейской авиации повлекло за собой интенсивное развитие маловысотных средств противовоздушной обороны. Одними из самых эффективных таких средств ПВО является переносной зенитный ракетный комплекс «Stinger RMP», имеющем в своем составе ракету FIM 92E. Принцип работы головки самонаведения (ГСН) этой ракеты основан на использовании двухканального матричного фотоприемника (МФП), работающего в ультрафиолетовом и инфракрасном диапазонах, что обеспечивает его высокую эффективность функционирования в условиях воздействия как непреднамеренных, так преднамеренных оптико-электронных помех [2]. Следовательно, задача защиты средств армейской авиации от поражения ракетой «FIM 92E Block II» относится к наиболее актуальным.

Поэтому целью работы является разработка наиболее точной модели определения координат цели головкой самонаведения ракеты «FIM 92E Block II» в целях последующего формирования эффективных оптико-электронных помех в ультрафиолетовом и инфракрасном диапазонах, снижающих вероятность поражения цели.

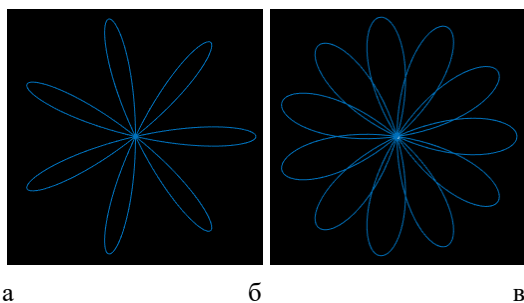
Переносной зенитный ракетный комплекс (ПЗРК) «Stinger RMP» предназначен для поражения как на встречных, так и на догонных

курсах самолетов, включая сверхзвуковые, и вертолетов, совершающих полеты на малых и предельно малых высотах. Двухдиапазонная головка самонаведения, используемая на зенитной управляемой ракете (ЗУР) «FIM 92E Block II», работает в ИК и ультрафиолетовом (УФ) диапазонах длин волн. Его детекторы ИК и УФ излучений, работающие в одном контуре с двумя цифровыми микропроцессорами, позволяют осуществлять розеткообразное сканирование, что обеспечивает, во-первых, высокие возможности селекции цели в условиях фоновых помех, а во-вторых, защищенность от средств противодействия ИК диапазона. Сканирование по траектории розетки на фоточувствительной поверхности МФП обеспечивается за счет вращательно-противовращательных движений первичного и вторичного зеркал, имеющих наклон относительно оси вращения гироскопа ГСН. Такое сканирование в системе координат  $X$  о  $Y$  описывается уравнением:

$$\begin{aligned} z(t) &= x(t) + jy(t) \\ x(t) &= r_1 \cos 2\pi f_0 t + r_2 \cos 2\pi f_1 t \\ y(t) &= r_1 \sin 2\pi f_0 t - r_2 \sin 2\pi f_1 t \end{aligned} \quad (1)$$

где  $r_1, r_2$  – радиусы переноса мгновенного поля зрения ГСН за счет наклона первичного и вторичного зеркал,  $f_1, f_2$  – частоты вращения первичного (гироскопа) и вторичного зеркал.

В зависимости от значений частот вращения  $f_1, f_2$  зеркал внешний вид траекторий сканирования может быть нескольких видов (рис. 1).



$$\begin{aligned} \text{а) } f_1 &= 100 \text{ Гц} & \text{б) } f_1 &= 100 \text{ Гц} \\ f_2 &= 75 \text{ Гц} & f_2 &= 175 \text{ Гц} \end{aligned}$$

Рис. 1. Варианты траекторий сканирования мгновенным полем зрения поверхности МФП

Из [3] известно, что измеритель угловых координат в ГСН с розеточным сканированием должен осуществлять четыре основных операции: дифференцировать сигнал с выхода блока селекции подсистемы информационного обеспечения, умножать результат дифференцирования на некоторую весовую функцию, интегрировать на периоде строки сканирования и усреднять полученный результат.

Учитывая, что положения центра принимаемого импульса на временной оси однозначно связано с угловым положением центра цели, а закон сканирования в связанной с ГСН прямоугольной системы координат задается в параметрической форме функциями  $x = x(t)$ ,  $y = y(t)$ , алгоритм определения относительной угловой координаты цели вдоль строки сканирования может быть с учетом:

$$\hat{x}_y = x(\hat{t}_y) = \frac{1}{2} \int_0^{t_c} x(t) \cdot \left| \frac{d}{dt} A(t, \hat{t}_y, a) \right| \cdot dt$$

$$\hat{y}_y = y(\hat{t}_y) = \frac{1}{2} \int_0^{t_c} y(t) \cdot \left| \frac{d}{dt} A(t, \hat{t}_y, a) \right| \cdot dt$$
(2)

или

$$\hat{r}_y = r(\hat{t}_y) = \frac{1}{2} \int_0^{t_c} r(t) \cdot \left| \frac{d}{dt} A(t, \hat{t}_y, a) \right| \cdot dt$$
(3)

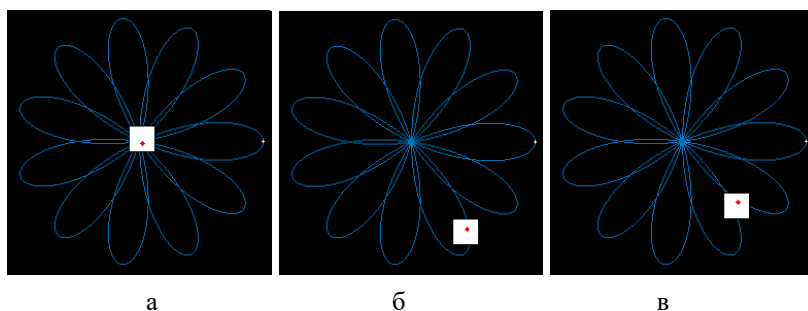
где функция  $r(t) = \sqrt{x^2(t) + y^2(t)} \cdot \text{sign}(t - t_0) = |z(t)|$  характеризует удаление от центра розетки мгновенного поля зрения ГСН, угловые координаты  $x(t)$  и  $y(t)$ , которые определяются выражением (1),  $A(t, \hat{t}_y, a)$  – прямоугольный импульс единичной амплитуды и произвольной длительности « $a$ » с центром в точке  $t_y, t_c$  – время сканирования по траектории розетки.

Траектория сканирования по розеточному виду была выбрана из расчета рис. 16, где частоты сканирования первичного и вторичного зеркал равны  $f_1 = 100 \text{ Гц}$ ,  $f_2 = 175 \text{ Гц}$  соответственно. Время всего процесса было выбрано 4000 мс, что примерно соответствует истинному времени между запуском ЗУР и поражению ей цели (с учетом скорости сближения  $M = 2.2$ ).

Принцип работы алгоритма и компьютерной программы заключается в следующем. На первом шаге цикла, начинающегося с первой миллисекунды полета ЗУР, создается нулевая матрица такой же

размерности, как и разрешение матричного фотоприемника головки самонаведения FIM 92E Block II – 256×256 pxl (пикселей), имеющая в определенных строках и столбцах ненулевые значения, соответствующие траектории сканирования по розетке в самом начале. Далее происходит поэлементное перемножение полученной матрицы с матрицей, соответствующей фоточувствительной поверхности МФП ГСН ЗУР. После этой операции следует суммирование по строкам результирующей матрицы, вследствие чего образуется матрица-строка. После окончания цикла полученная матрица-строка нормируется и дифференцируется, при этом уменьшается количество элементов матрицы-строки на один элемент справа. На следующем шаге происходит поэлементное перемножение полученной матрицы-строки на матрицу-строку с координатами мгновенного поля зрения ГСН по оси ОХ. Аналогичная операция происходит с матрицей-строкой с координатами мгновенного поля зрения ГСН по оси ОУ. Оба результата перемножения усредняются и тем самым оцениваются координаты самой яркой части (наиболее нагретой) цели по осям ОХ и ОУ.

В целях наиболее качественной оценки полученных координат рассматривались три случая (рис. 2).



*а) цель находится в центре траектории сканирования, б) цель находится на пересечении одного витка розетки в) цель находится на пересечении двух витков розетки*

*Рис. 2.* Варианты траекторий сканирования мгновенным полем зрения поверхности МФП

Блок-схема алгоритма определения угловых координат, на основе которой была написана компьютерная программа по нахождению координат цели в математической среде программирования Matlab R2017b [4], представленная на рис. 3.

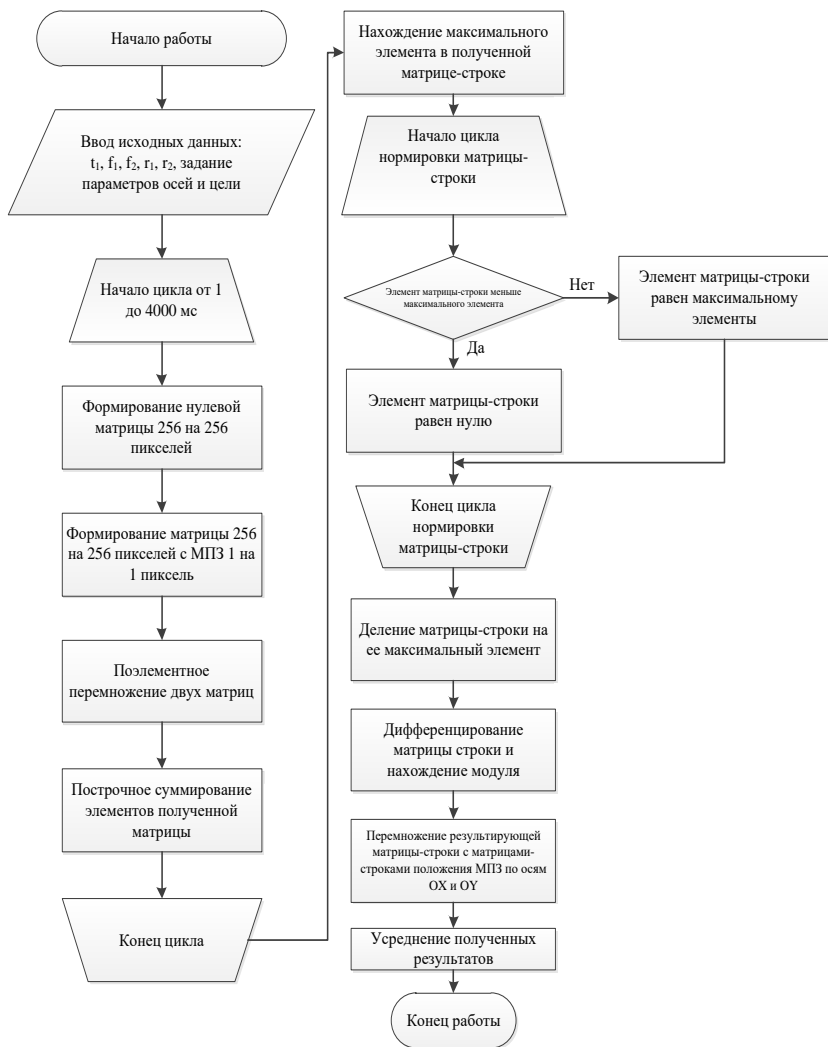


Рис. 3. Блок-схема алгоритма нахождения координат цели розеточным сканированием

На рис. 4 представлен графический интерфейс работы программы для случая №2. Время сканирования было выбрано 400 мс как время необходимое мгновенному полю зрения, чтобы пройти полный рис. розетки один раз.

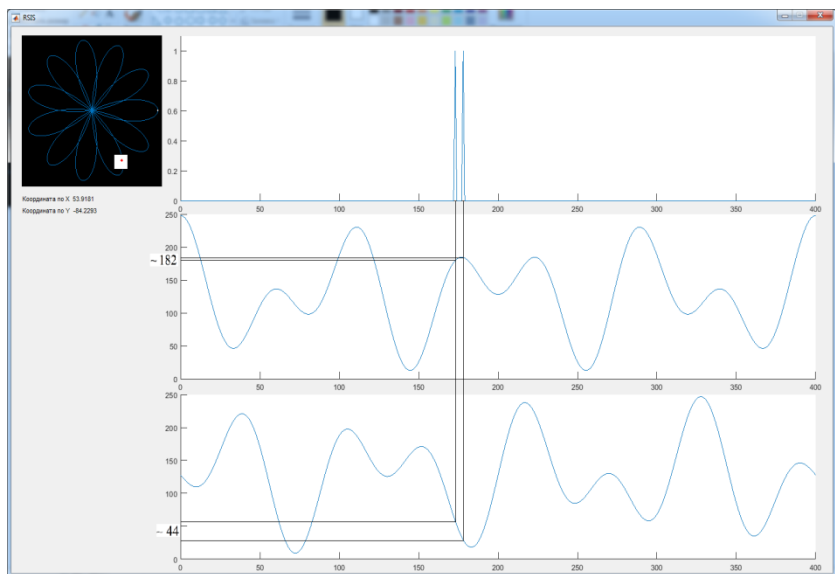


Рис. 4. Интерфейс работы программы для случая, когда цель находится на пересечении одного витка розетки

Из рис. 4 видно, что найденные координаты по оси OX примерно равны 182 пикселя, а по оси OY 44 пикселя. Если предположить что координаты центра МФП равны (0;0) пикселей, тогда найденные координаты по осям OX и OY будут равны 54 и -88 пикселя соответственно. Следует отметить, что зная угол поля зрения головки самонаведения ЗУР (для «Stinger RMP» угол поля зрения равен  $2^\circ$ ), разрешение МФП и начальное расстояние между ЗУР и целью можно вычислить угловые координаты цели (рис. 5).

Выражения для нахождения угловых координат цели в декартовой системе координат имеют вид [5]:

$$\begin{aligned}
 X_y &= X_n \left( \frac{2}{256^\circ} - 1 \right) \frac{\pi}{180^\circ} (\text{рад}), \\
 Y_y &= Y_n \left( \frac{2}{256^\circ} - 1 \right) \frac{\pi}{180^\circ} (\text{рад})
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

где  $X_y$ ,  $Y_y$  – угловые координаты цели;  $X_n$ ,  $Y_n$  – координаты цели в пикселях.



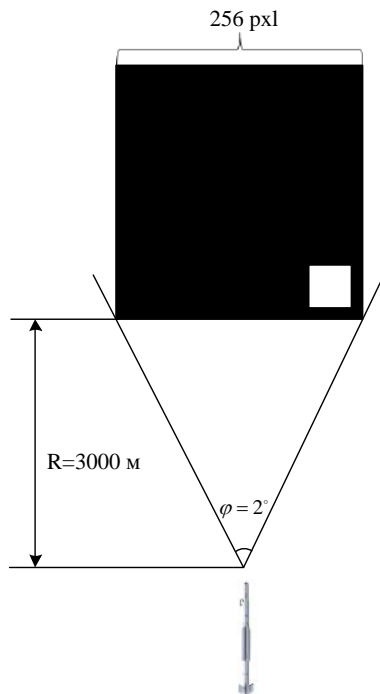


Рис. 5. Постановка задачи нахождения угловых координат цели

Переводя найденные угловые координаты из декартовых в сферические можно определить координаты полета ЗУР к поражаемой цели:

$$\begin{aligned} X_{сф} &= R \sin(X_y) \cos(Y_y), \\ Y_{сф} &= R \cos(X_y) \cos(Y_y) \end{aligned} \quad (5)$$

где  $X_{сф}$ ,  $Y_{сф}$  – угловые координаты цели;  $R$  – расстояние между ЗУР и целью.

Таким образом, разработан алгоритм и компьютерная программа по оцениванию координат цели на основе принципа розеточного сканирования поверхности матричного фотоприемника. Полученные координаты могут быть использованы ЗУР для сопровождения цели в полете после перевода их из декартовых в сферические.

### Список литературы

1. Ткачев, В.И. Армейская авиация в системе ПВО общевойскового объединения / В. Ткачев // Военная мысль. – 2005. – №3. – С.43-47.
2. Куприянов А.И., Шустов Л.Н. Радиоэлектронная борьба. Основы теории / А.И. Куприянов, Л.Н. Шустов // М.: Вузовская книга, 2011. – 800 с.
3. Soltanizadeh H. Increasing Accuracy of Tracking Loop for the Rosette Scanning Seeker Using Improved ISODATA and Intelligent Center of Gravity / H. Soltanizadeh, S. B. Shokouhi // Journal of Applied Sciences, 8: P. 1159-1168. – 2008.
4. Терехин В.В. Моделирование в системе MATLAB: Учебное пособие / Кемеровский государственный университет. Новокузнецк: Кузбассвузиздат, 2004. – 376с.
5. Курьянов И. Ю. Исследование алгоритма высокоточного сопровождения ЗУР матричным фотоприемником по блику формирующей оптики системы самонаведения. / И. Ю. Курьянов // Журнал Сибирского федерального университета. Техника и технологии/ – 2016. – С. 129-136.

# Синтез нейро-нечеткого алгоритма управления приводом вертикального канала наведения и стабилизации

А. К. Ломакин, e-mail: hostel209@yandex.ru

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»

**Аннотация.** *Рассмотрен вариант реализации нейро-нечеткого алгоритма управления силовым приводом вертикального канала наведения и стабилизации с шариковинтовой передачей, выполненного на базе трехфазного вентильного двигателя встраиваемой конструкции.*

**Ключевые слова:** *нейро-нечеткое управление, привод, наведение, стабилизация.*

## Введение

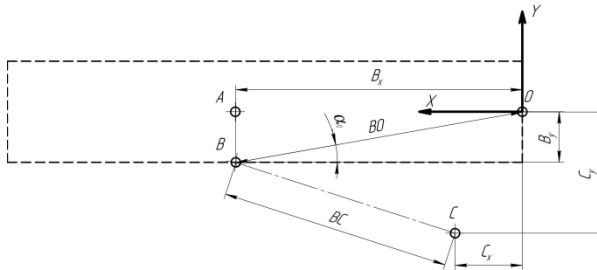
Разработка силовых электроприводов вертикального канала наведения и стабилизации сопряжена с рядом трудностей, которые связаны с нелинейными характеристиками двигателей, изменяющимся характером нагрузок, действующих на выходной вал привода, изменением параметров объекта слежения в процессе эксплуатации системы и т.д. В связи с этим использование классических алгоритмов управления является затруднительным. В данной работе рассматривается вариант использования нейро-нечеткого алгоритма управления, адаптирующегося к изменяющимся в процессе эксплуатации входным сигналам.

## 1. Модель исполнительного двигателя и объекта управления

Современный электропривод – это электромеханическая система, которая включает в себя электрический двигатель, передаточный механизм (редуктор) и управляющее микропроцессорное устройство, которое на основании данных, получаемых с помощью информационных устройств (датчиков) или наблюдателей состояния от электропривода и питающей сети, вырабатывает управляющие воздействия, обеспечивающие движение механической части системы с заданными параметрами и работу всего устройства в оптимальном режиме. При этом многие электроприводы представляют собой единый мехатронный модуль, в котором устройства, о которых было сказано выше объединены с элементами искусственного интеллекта.

В качестве привода вертикального канала наведения и стабилизации привод поступательного действия, в котором вращательное движение исполнительного двигателя преобразуется с помощью механической передачи в возвратно-поступательное. Примером такого механического преобразователя является шарико-винтовая передача, которая обладает высокими нагрузочными и эксплуатационными характеристиками при малых габаритах, меньшими потерями на трение, а также меньше подвержена износу в отличие от классических редукторов.

Для формирования математического описания объекта управления была использована геометрическая схема расположения основных точек привода, представленная на рис. 1.



*т. O* – ось вращения направляющей привода; *т. A* – центр масс привода; *т. B* – точка соединения привода и направляющей; *т. C* – точка привода с основанием.

*Рис. 1.* Схема расположения основных точек силовой системы

Максимальная сила нагрузки на шток редуктора – величина, зависящая от угла возвышения направляющей – определяется по формуле:

$$F_{n_{\max}}(\alpha) = \frac{J_n \ddot{\alpha}_{\max} + |M_{c.m}| \operatorname{sign}(\dot{\alpha}) + M_{nr} \cos(\alpha) + M_{aэро} \sin(\alpha)}{d(\alpha)} \quad (1)$$

где  $J_n$  – момент инерции нагрузки,  $M_{c.m}$  – момент сухого трения,  $M_{nr}$  – момент неуравновешенности,  $M_{aэро}$  – аэродинамический момент,  $\ddot{\alpha}_{\max}$  – максимальное угловое ускорение направляющей,  $\dot{\alpha}$  – угловая скорость направляющей,  $\alpha$  – угол подъема направляющей,  $\alpha_0$  – начальный угол подъема направляющей,  $d(\alpha)$  – плечо максимальной силы нагрузки, определяемое по формуле (2):

$$d(\alpha) = \left| \frac{BO(C_y \cos(\alpha - \alpha_0) - C_x \sin(\alpha - \alpha_0))}{BC(\alpha)} \right| \quad (2)$$

где

$$BC(\alpha) = \sqrt{BO^2 - 2 \cdot BO \cdot (C_x \cdot \cos(\alpha - \alpha_0) - C_y \cdot \sin(\alpha - \alpha_0)) + C_x^2 + C_y^2} \quad (3)$$

Используя определенную систему допущений, математическое описание трехфазного вентильного двигателя постоянного тока встраиваемой конструкции можно привести к системе уравнений описывающих классический двигатель постоянного тока, поэтому с целью упрощения расчетов воспользуемся данными допущениями:

$$\begin{cases} u_\delta = i_\delta + T_\delta \frac{di_\delta}{dt} + C_e \omega_\delta \\ M_\delta = C_m i_\delta \\ J_\delta \frac{d\omega_\delta}{dt} = M_\delta - M_n \\ \frac{d\phi_\delta}{dt} = \omega_\delta \\ \frac{d\omega_\delta}{dt} = \varepsilon_\delta \end{cases} \quad (4)$$

где  $u_\delta$  – эквивалентное управляющее напряжение в обмотке двигателя,  $i_\delta$  – эквивалентный ток в обмотках двигателя,  $T_\delta$  – эквивалентная постоянная времени,  $M_\delta$  – момент развиваемый двигателем,  $M_n$  – момент нагрузки на валу двигателя,  $\phi_\delta, \omega_\delta, \varepsilon_\delta$  – угол поворота вала двигателя, его угловые скорость и ускорение.

Уравнения (1) – (4) составляют математическое описание привода вертикального канала наведения и стабилизации, которое будет использоваться в дальнейшем для синтеза нейро-нечеткого алгоритма управления.

## 2. Синтез алгоритма управления

Синтез нейро-нечеткого регулятора проводился по методу обратного распространения ошибки [1]. Обучение нейросети проводилось с помощью наблюдения за реакцией системы на сигнал, подаваемый с генератора случайных чисел. Simulink-схемы, на которых изображены структура регулятора, схема обучения и финальная схема моделирования системы приведены на рис. 2-4:

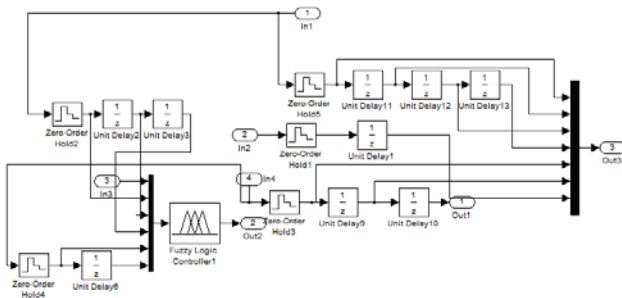


Рис. 2. Структура нейро-нечеткого регулятора

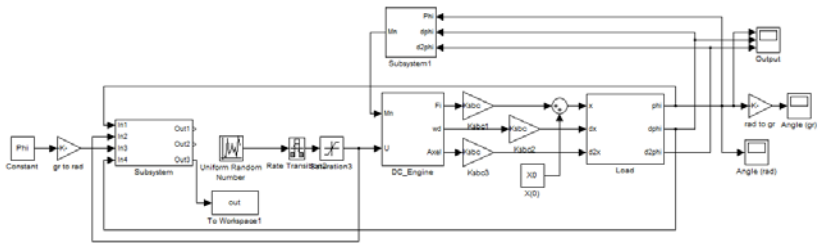


Рис. 3. Simulink-схема обучения системы

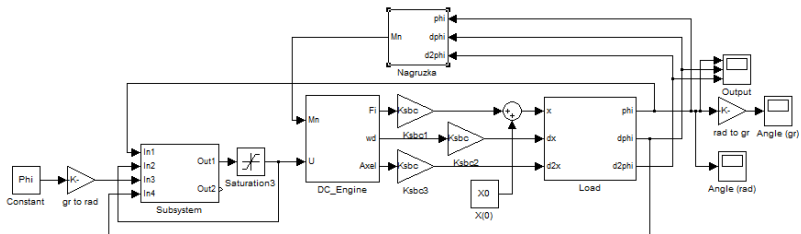
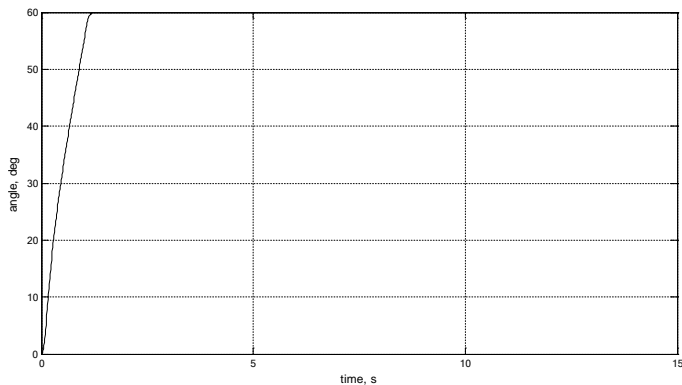


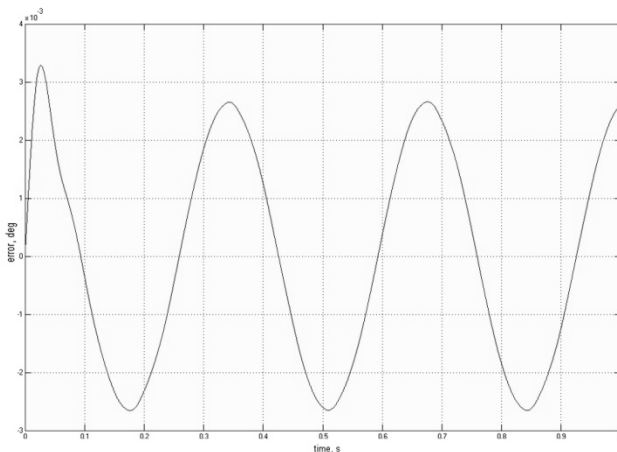
Рис. 4. Simulink-схема привода с нейро-нечетким регулятором

В ходе моделирования были получены следующие результаты. При подаче на вход системы постоянного входного воздействия, соответствующего перебору направляющей из начального положения на угол 60 градусов был получен график переходного процесса, приведенный на рис. 5. По графику видно, что сигнал обрабатывается без статической ошибки, время регулирования составило примерно 1,2 секунды.



*Рис. 5.* Переходный процесс в системе наведения и стабилизации при подаче на вход постоянного воздействия  $50^\circ$

Усложним задачу для регулятора, добавив ко входному сигналу гармоническую составляющую, которая будет имитировать качку основания, на котором расположен привод наведения и стабилизации. График ошибки обработки сигнала приведен на рис. 6.



*Рис. 6.* Ошибка обработки входного воздействия с учетом качки основания

Как видно из рисунка, максимальная ошибка отработки сигнала составляет примерно 0,0032 градуса, что является удовлетворительным показателем работы системы.

### **Заключение**

В результате проведенной работы были получены следующие результаты:

1. Получена математическая модель силового привода вертикального канала наведения и стабилизации с шариковинтовой передачей, выполненная на базе трехфазного вентильного двигателя встраиваемой конструкции;

2. Сформирован нейро-нечеткий алгоритм управления приводом, сформированный по методу обратного распространения ошибки;

3. Проведено имитационное моделирование, показывающее работоспособность полученного алгоритма управления.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания по теме FEWG-2022-2023

### **Список литературы**

1. Романов Д.Е. Нейронные сети обратного распространения ошибки // ИВД. – 2009. – №3. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/neyronnye-seti-obratnogo-rasprostraneniya>



# Имитационное моделирование испытаний перспективного двухпрофильного фюзеляжа беспилотного летательного аппарата

Д. В. Лопаткин, email: dimkaao@yandex.ru,  
С. В. Ипполитов, В. Г. Бондарев, Д. Е. Титов, М.А. Чернышов

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

**Аннотация.** *В данной работе рассматривается необходимость применения и активного использования имитационного моделирования испытаний аэродинамических форм беспилотных летательных аппаратов перед их непосредственным созданием, с целью повышения устойчивости и управляемости в полете, доработки визуально неопределяемых отрицательных факторов, сказывающихся на продолжительность и качество выполнения задачи и всего полета в целом.*

**Ключевые слова:** *моделирование, имитационное моделирование испытаний, имитация, испытания, беспилотный летательный аппарат, проектирование.*

## Введение

Летательные аппараты, осуществляющие выполнения поставленных задач посредством управления оператора пультом дистанционного управления приобретают все больше и больше популярность в повседневной жизни. Спектр предназначения у них огромный, начиная от съемок красивых мест с воздушного пространства, заканчивая обнаружения очагов возгорания силами МЧС и поиска пострадавших при крушении авиалайнеров, в местности которой, стандартные методы поиска бессильны или ограничены различными факторами. В каждом случае, выполняемая задача требует определенный вид летательных аппаратов, особенность которой в большинстве своем связана с аэродинамической формой, а также немало важную роль играет конструкция силовой установки и компоновки бортового оборудования беспилотного летательного аппарата.

Одним из важнейших этапов при создании беспилотного летательного аппарата служит имитационное моделирование

испытаний, которое позволит, ещё на этапе проектирования понять, какими недостатками будет обладать разрабатываемая конструкция, что необходимо изменить или добавить, чтобы снизить факторы, влияющие на полет летательного аппарата. Также, используя современные технологии, можно определить, насколько надежна будет электрическая схема бортового оборудования и какие компоненты стоит использовать.

Рассмотрим проведение имитационного моделирования испытаний на примере создания перспективного двухпрофильного фюзеляжа беспилотного летательного аппарата, изготовление которого было реализовано курсантским конструкторским бюро для непосредственного проведения летного эксперимента в рамках создания беспилотного авиационного комплекса, выполняющих задачи в составе нескольких летательных аппаратов. Разработанный беспилотный летательный аппарат представляет собой летательный аппарат с профилем фюзеляжа типа летающее крыло.

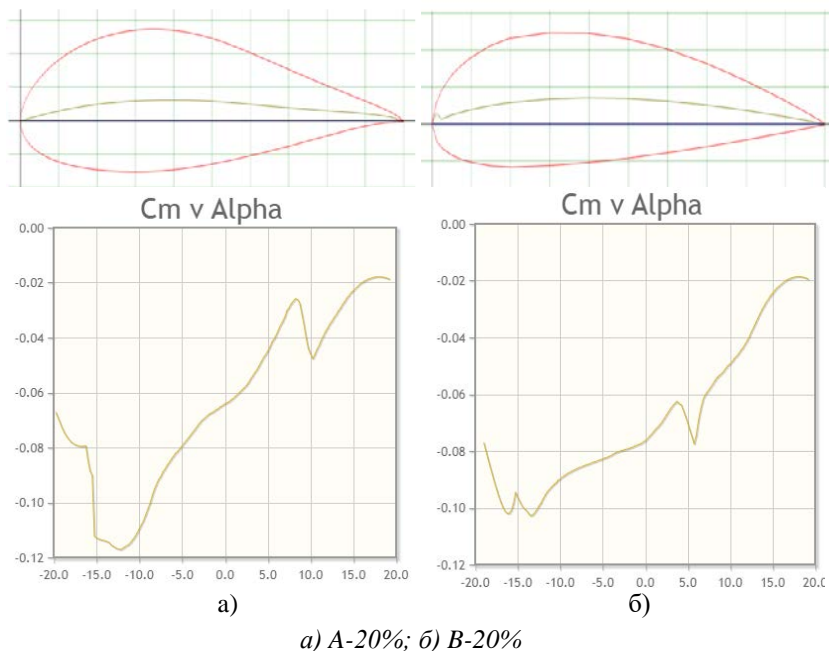
### **1. Моделирование испытаний**

Коллективом конструкторского бюро, в процессе работы по созданию летательного аппарата была предложен и опробован оптимальный порядок имитационного моделирования испытаний перспективного двухпрофильного фюзеляжа беспилотного летательного аппарата, позволяющий производить анализ конструкции на программно-проектировочном этапе.

Для начала, необходимо выбрать, какой вид примет разрабатываемый летательный аппарат, их огромное множество на просторах интернета. В нашем случае была выбрана конструкция двухпрофильного летательного аппарата, в форме летающее крыло, так как является наиболее перспективной среди других и позволяет иметь высокую скорость при наименьших затратах электроэнергии силовой установкой за счет различных аэродинамических показателей каждого из профилей. Большой профиль способствует уменьшению скорости, в связи с увеличением сопротивления набегающему потоку воздуха, но большой вместимости и грузоподъемности в соответствии, а профиль малой величины хорды обладает минимальными потерями по скоростному параметру, однако вместимость также минимальная. Таким образом, происходит взаимодополнение и компенсация положительных и отрицательных качеств каждого из профилей. Специализацией разработанного нами беспилотного летательного аппарата является съемка местности на большом удалении, за счет быстрого перемещения в зону необходимой съемки и парирования в её окрестностях, для продолжения видео- или фотофиксации.

Затем следует этап подбора профиля крыла, который является также немало важным этапом при разработке и создании эффективного беспилотного летательного аппарата. Каждый авиационный профиль по своему уникален и обладает своими характеристиками, позволяющими специализировать летательный аппарат под выполнение конкретных задач.

Используя уже имеющийся в свободном доступе атлас профилей летательных аппаратов, необходимо выбрать наиболее визуально подходящие для определенной задачи профили. Используемые нами в подборе профили, на роль в качестве фюзеляжа, представлены на рис. 1, значения для графиков взяты из соответствующего атласа профилей.



*Рис. 1.* Форма профилей с приведенными графиками зависимости аэродинамического коэффициента от значения угла атаки  $\alpha$

Для двухфюзеляжной аэродинамической формы крыла нами были выбраны профиль А-20% в качестве фюзеляжного, обладающий широкой хордой, а соответственно вместимостью, что позволит размещать фото- и видеоаппаратуру внутри фюзеляжа, чтобы не нарушалась обтекаемость корпуса. Проанализировав также профили,

более подходящие под форму крыла выяснили, что NASA-12% обладает наибольшими показателями аэродинамического качества, присущих выполняемой задаче.

В проведении первого этапа испытаний методом полунатурного моделирования аэродинамики крыла необходимо использовать координаты каждой из точек профиля, которые также даны в атласе профилей.

Следующим шагом является использование программы xfl5, которая включает в себя следующие программы для проведения моделирования и имитации полета модели беспилотного летательного аппарата:

Foil Direct Design программа моделирования профилей, предназначенная для загрузки файлов с заданными размерами, хранения используемых и создания формы профилей, а также их модификации и изменения.

XFoil Inverse Design программа инверсной разработки профилей, которая позволяет на основе экспериментальной модели заданного профиля, имитировать распределение давления на поверхностях верхней и нижней части профиля. В последующем позволяет модифицировать модель профиля, подгоняя под требуемые показатели контур крайних точек.

XFoil Direct Analysis программа проведения анализа профилей, предназначена для проведения имитационного полета с последующим выводом параметра аэродинамического качества профилей при различных углах атаки и числах Рейнольдса.

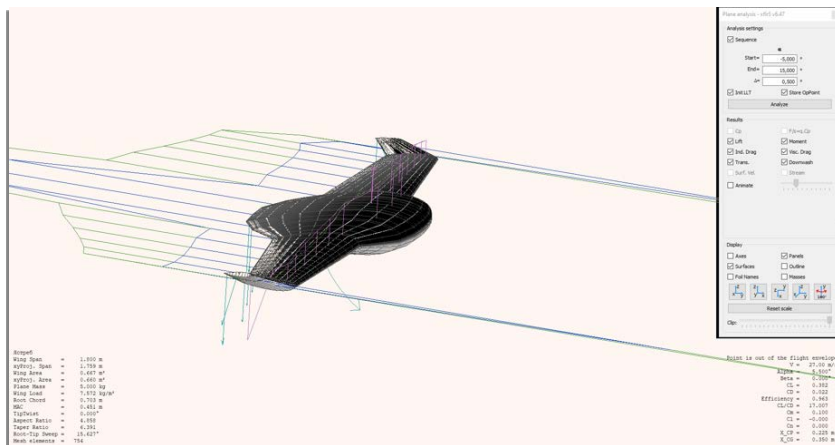
Wing Design программа моделирования и имитационного полета крыльев будущей формы летательного аппарата, которая позволяет на основании полученных данных от XFoil Direct Analysis проводить полный анализ летных характеристик качества модели в различных режимах полета.

Для создания профиля в программе Foil Direct Design, загружены данные с координатами точек профиля. На рабочем изображении появляется необходимый нам профиль, при необходимости мы можем корректировать местоположения всех точек, однако это не гарантирует сохранения аэродинамического показателя в определенных пределах.

Далее в программе Wing Design по примерным наброскам размеров построена конструкция крыла, чтобы увеличить количество секций управления, мы можем поделить на несколько частей большой элемент и корректировать масштабы в различных точках модели.

Следующим действием запускаем XFoil Direct Analysis для проведения анализа, созданного по заданным параметрам крыло

летательного аппарата, проводим первоначальное моделирование по полученным характеристическим графикам, зависимостей подъемной силы и лобового сопротивления при различных углах атаки, а так же число Рейнольдса, которое характеризуется зависимостью инертности от вязкости среды и указывает в частности на то, что с увеличением данного числа, уменьшается сила трения оказываемая воздушным потоком на корпус беспилотного летательного аппарата. Проведение моделирования имитационного полета в качестве одного из испытаний в программно-проектировочной среде представлено на рис. 3.



*Рис. 2.* Моделирование испытаний виртуального полета спроектированной модели

Разрабатываемая модель двухпрофильного беспилотного летательного аппарата предполагает отсутствие механизации крыльев, в связи с этим, отсутствует необходимость изменения положения координат конечных и начальных точек хорды профиля для определения аэродинамического качества при управлении механизацией.

В ходе работы по разработке внешней формы беспилотного летательного аппарата, были сделаны следующие выводы относительно аэродинамики профиля:

1. Чем длиннее консоль крыла, тем выше аэродинамическое качество в горизонтальном полете.
2. Чем больше коэффициент стреловидности крыла, тем больше необходимо времени для переходных режимов взлета и посадки, из самолетного в вертолетный.

3. Чем толще хорда профиля, тем меньше скоростью оно будет обладать, однако подъемная сила, оказываемая на профиль будет больше.

Произведя первичный анализ и основательно определившись с наиболее эффективными, со стороны аэродинамических качеств профилями, переходим к созданию 3D-модели, для дальнейшей реализации проведения имитационного моделирования в программном комплексе системы автоматизированного проектирования (САПР) SolidWorks. Программа позволяет разрабатывать и изменять визуальные изделия любой сложности и предназначения.

Для реализации такой сложной задачи, как создания необычной формы профили крыла беспилотного летательного аппарата в соответствии с заданными координатами конечных точек воспользуемся функцией инструмента «Уравнения, глобальные переменные и размеры» (рис. 2). Такой подход к решению задачи облегчает работу тем, кто постоянно нуждается в изменениях конструкции модели, для простоты работы.

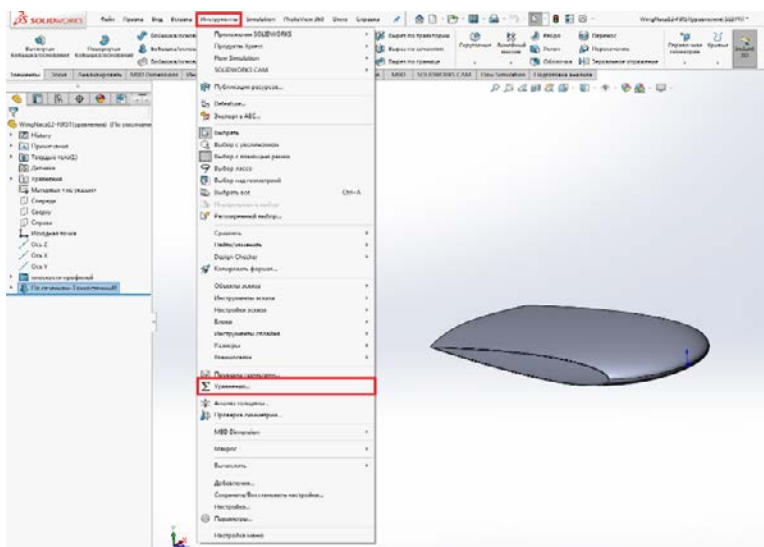


Рис. 3. Построение профиля крыла с использованием инструмента САПР Solidworks

Далее необходимо произвести соединение всех полученных точек с помощью уравнений в единое целое, для создания цельного профиля. В

этом случае воспользуемся инструментом САПР «спайл» (кривая линия, способная соединять различные точки в пространстве).

Для того, чтобы сократить время моделирования опытного образца, а также увеличить точность симметрии, было решено использовать инструмент «Зеркальное отражение» для готовой половины двухпрофильного крыла.

Создадим методом вытягивания по сечениям соединение, которое будет демонстрировать внешний облик одно из готовых профилей. Данный этап позволит перейти к созданию одной из консолей крыла с профилем, отличным от первого, которая будет зеркально отражена для создания аналогичной консоли с противоположной стороны.

Приступим к имитационному моделированию испытания созданной 3D модели в САПР перейдя во вкладку «Flow Simulation». Представленное диалоговое окно интуитивно позволяет выбрать необходимые для моделируемой обстановки параметры проведения испытаний: систему единиц измерения, вид задач, которые будут проведены, параметры и факторы воздействия на беспилотный летательный аппарат.

Скорость проведения исследований напрямую зависит от вычислительной способности устройства, на котором проводятся данные испытания модели и может занимать большое количество времени от нескольких минут до нескольких часов.

По завершению имитационных испытаний в разделе «Результаты» появляются визуальные отчетные материалы для поверхности модели, траектории потока, а также созданные графики зависимостей аэродинамических величин.

Каждый пункт отчета несет в себе краткое описание или по-другому справку о данной зависимости или критерии показателя.

В настоящий момент, данная двухпрофильная модель рассчитана в программном комплексе обеспечения xfl5, построена в САПР Solidworks и оценены все возможные способы применения данного беспилотного летательного аппарата, однако, отказавшись от их использования могло уйти гораздо больше сил, энергии и материалов при натурных исследованиях, которые в конечном итоге привели бы нас к аналогичному результату.

Ключевым этапом имитационного моделирования испытаний является практическое исследование беспилотного летательного аппарата в реальных и погодных условиях, которое возможно будет произвести, только после перехода от математических и модельных экспериментов к полномасштабной работе по печати данного летательного аппарата на 3D принтере или созданием их любым другим

способом, установки соответствующего бортового оборудования управления и силовой установки, с последующей его настройкой.

### **Заключение**

Таким образом, представленное описание создания беспилотного летательного аппарата силами курсантского конструкторского бюро, позволяет выполнить имитационное моделирование испытаний любым желающим своим летательным аппаратам, чтобы упростить физический труд, в том числе и для уменьшения затрат на её реализацию, а также для последующего проведения наземных и летных экспериментов с обеспечением безопасности проведения полета и устойчивой работы всего комплекса бортового оборудования, силовой установки и фюзеляжа в целом.

### **Список литературы**

1. DOCPLAYER – справочник авиапрофилей [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://docplayer.com/26270002-Spravochnik-aviacionnyh-profiley.html> (дата обращения 20.12.2022 г.).
2. Павленко Е.Ф. Самолёты вертикального взлёта и посадки / Е.Ф. Павленко //Военное издательство Министерства обороны СССР, Москва, 1966. – С. 12 – 19.



# Применение компьютерного моделирования в задаче определения направленных свойств антенн радиоэлектронного средства, участвующего в конфликтном взаимодействии

А. С. Мазин, email: mazinant@rambler.ru

ВУНЦ ВВС ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина

**Аннотация.** *С использованием пакета Mathcad определены требования к направленным свойствам неподвижной антенны наземного радиоэлектронного средства, обеспечивающих воздействие главным лепестком его диаграммы направленности на бортовое радиоэлектронное средство, носитель которого выполняет полет с ненулевыми углами поворота*

**Ключевые слова:** *радиоэлектронное средство, диаграмма направленности антенны, антагонистический конфликт, беспилотный летательный аппарат, углы поворота летательного аппарата*

## Введение

Среди большого числа задач, относящихся к оценке качества функционирования современных радиоэлектронных средств (РЭС), в настоящее время к приоритетным относятся задачи конфликтного взаимодействия РЭС извлечения информации и РЭС, препятствующих им [1].

Рассмотрим пример антагонистического конфликта двух РЭС, отражающих собственно процесс столкновения интересов противоборствующих сторон на информационном уровне.

Так, для получения информации о наземных объектах (координаты, размеры, внешний вид и т.п.) используются специальные бортовые приемо-передающие РЭС (радиолокационные станции), размещенные на самолетах [2]. Их задача заключается в направленном излучении электромагнитных волн, которые в результате отражения от наземных объектов поступают на вход приемного устройства бортовой РЭС, где подвергаются обработке. Отраженный сигнал, в данном случае, является носителем информации о наземном объекте.

В целях препятствия получению информации о наземных объектах применяются специальные наземные РЭС, оказывающих своим излучением мешающее воздействие на бортовые РЭС [3]. Так, при ориентировании главного луча диаграммы направленности антенны

(ДНА) наземного РЭС на антенну бортового РЭС, на вход приемника бортового РЭС поступают два сигнала: отраженный от наземного объекта и сигнал от наземного РЭС.

Если носитель бортового РЭС выполняет полет со скоростью, многократно превышающей скорость ветра (например, самолет), он менее подвержен траекторным неустойчивостям. В силу того, что в рассматриваемом случае бортовое РЭС жестко прикреплено к фюзеляжу носителя, ось главного лепестка его ДНА на протяжении полета перпендикулярна вектору скорости носителя (рис. 1,а). В таком случае задача наземного РЭС может быть выполнена при использовании узконаправленных антенн, что обеспечивает эффективное использование энергии излучения.

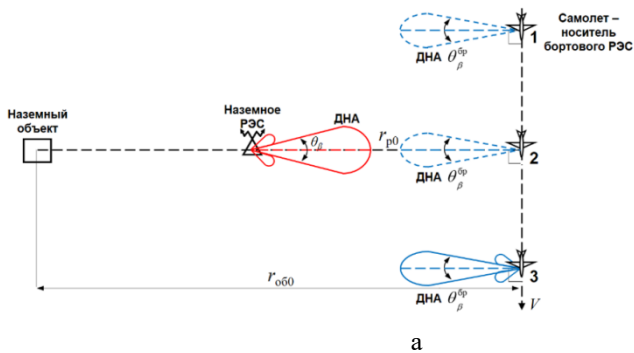
Однако если скорость носителя бортового РЭС сопоставима или несущественно превышает скорость ветра, полет такого носителя (например, малого беспилотного летательного аппарата (БПЛА)) характеризуется ненулевыми значениями углов поворота: крена, тангажа, рыскания [4, 5]. Следовательно, ДНА бортового РЭС также смещается в пространстве на угол поворота (рис. 1,б). В таком случае возможна ситуация, когда бортовая РЭС в течение некоторого времени будет обращена к наземному объекту главным лепестком своей ДНА и, в то же время, находится вне главного лепестка ДНА наземного РЭС, что для крайнего в рамках антагонистического конфликта недопустимо.

В такой ситуации необходимо обеспечить нахождение бортового РЭС в пределах главного лепестка ДНА наземного РЭС при ненулевых значениях углов поворота ее носителя.

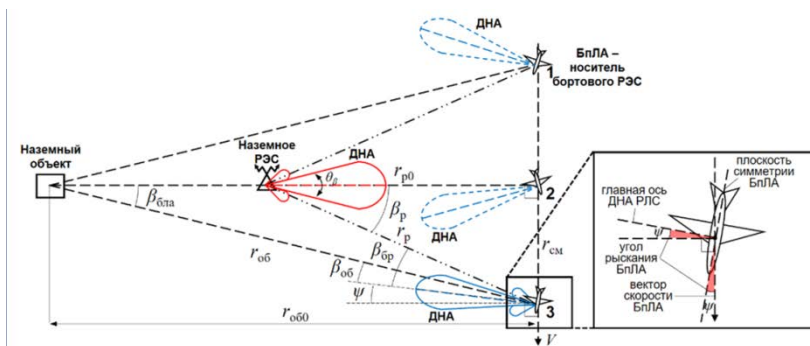
Представляется два способа решения:

Оснащение наземного РЭС средством определения координат носителя бортовой РЭС и поворотным устройством, обеспечивающего ориентацию главного лепестка ДНА наземного РЭС в направлении на бортовое РЭС. Достоинством такого подхода является возможность использования узконаправленной антенны, что обеспечивает высокую эффективность использования энергии излучения наземного РЭС. Однако реализация такого РЭС связана с техническими сложностями и высокими материальными затратами.

Обоснование требований к направленным свойствам неподвижной антенны наземного РЭС, обеспечивающих воздействие на бортовое РЭС главным лепестком своей ДНА в пределах возможных углов поворота ее носителя. Простота технической реализации и отсутствие необходимости определения положения бортового РЭС в пространстве являются очевидными достоинствами такого подхода.



а



б

а – при размещении на самолете; б – при размещении на БПЛА

Рис. 1. Схема эффекта смещения главной оси ДНА бортового РЭС под воздействием бокового ветра

Однако в силу вынужденного использования ДНА, направленные свойства которой хуже, чем в первом подходе, для обеспечения требуемого уровня сигнала наземного РЭС на входе приемника бортового РЭС необходимо использовать более мощный сигнал, чем в первом подходе.

Более приемлемым с точки зрения материальных затрат представляется второй подход. Однако для обеспечения эффективного использования энергии излучения следует определить минимальное значение ширины ДНА наземного РЭС, при котором на бортовое РЭС оказывается мешающее воздействие.

Исходя из вышесказанного, целью работы является разработка методики обоснования требований к направленным свойствам неподвижной антенны наземного РЭС, обеспечивающих воздействие главным лепестком его ДНА на бортовое РЭС, носитель которого выполняет полет с ненулевыми углами поворота.

### **Содержание методики обоснования требований к направленным свойствам неподвижной антенны наземного РЭС**

Обоснование требований к направленным свойствам антенны наземного РЭС, заключается в учете зависимости уровня излученного им сигнала на входе приемника бортового РЭС от угла рассогласования главных лепестков ДНА наземного и бортового РЭС.

С этой целью посредством компьютерного моделирования исследовано влияние угла рассогласования между осми главных лепестков ДНА наземного (рис. 2) и бортового РЭС (рис. 3) в заданных пределах углов рыскания  $\psi$ , тангажа  $\nu$  и крена  $\gamma$  ее носителя на отношение уровней мощности сигналов наземного РЭС  $P_p^{BX}$  и отраженных от наземного объекта сигналов  $P_{об}^{BX}$  на входе приемника бортового РЭС. Значения наклонных дальностей при моделировании составили  $r_{p0} = 1650$  м и  $r_{об0} = 2000$  м (рис. 1,б). Высота полета БПЛА  $h = 1000$  м.

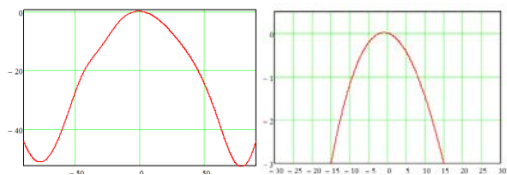
На первом этапе получены модели ДНА наземного и бортового РЭС в азимутальной и угломестной плоскостях (рис. 2 и 3).

На втором этапе проведено исследование зависимости уровней  $P_p^{BX}$  и  $P_{об}^{BX}$  при различных значениях угла рыскания  $\psi$  согласно выражений (1) и (2), угла тангажа  $\nu$  – (3) и (4); угла крена  $\gamma$  – (5) и (6):

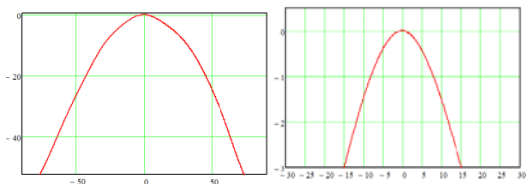
$$P_p^{BX}(\beta_{бла}) = \frac{1}{r_p^4(\beta_{бла})} f_p^2(\beta_p(\beta_{бла})) f_{бр}^2(\beta_{бр}(\beta_{бла})); \quad (1)$$

$$P_{об}^{BX}(\beta_{бла}) = \frac{1}{r_{об}^4(\beta_{бла})} f_{бр}^2(\beta_{об}(\beta_{бла})), \quad (2)$$

где  $r_p(\beta_{бла}) = \sqrt{r_{см}^2(\beta_{бла}) + r_{p0}^2}$ ;  $r_{об}(\beta_{бла}) = \sqrt{r_{см}^2(\beta_{бла}) + r_{об0}^2}$ ;  $r_{см}(\beta_{бла}) = \text{tg}(\beta_{бла}) \times r_{об0}$  – расстояние между осью наземный объект-наземное РЭС и положением БПЛА на маршруте полета при  $\beta_{бла}$  (рис.3.6);  $f_p^2(\beta)$ ,  $f_{бр}^2(\beta)$  – нормированные ДНА (по мощности) наземного и бортового РЭС.



а

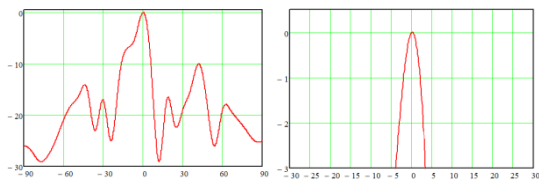


б

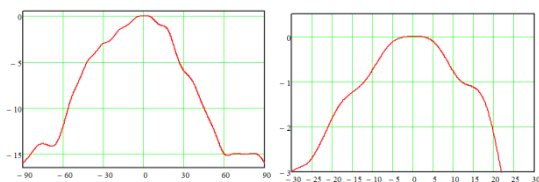
*а* - в азимутальной плоскости  $\theta_\beta = 30^\circ$  ;

*б* - в угломестной плоскости  $\theta_\varepsilon = 30^\circ$

*Рис. 2.* Модели ДНА наземного РЭС



а



б

*а* - в азимутальной плоскости  $\theta_\beta^{\text{бр}} = 8^\circ$  ;

*б* - в угломестной плоскости  $\theta_\varepsilon^{\text{бр}} = 50^\circ$

*Рис. 3.* Модели ДНА бортового РЭС

соответственно;  $\beta_p(\beta_{\text{бла}}) = \arctg(r_{\text{см}}(\beta_{\text{бла}})/r_{\text{p0}})$  – азимутальный угол у наземного РЭС между осью главного лепестка ДНА и направлением на БПЛА;  $\beta_{\text{бр}}(\beta_{\text{бла}}) = |\beta_p(\beta_{\text{бла}}) - \psi|$  – азимутальный угол у БПЛА между осью главного лепестка ДНА бортового РЭС и направлением на наземное РЭС;  $\beta_{\text{об}}(\beta_{\text{бла}}) = |\beta_{\text{бла}} - \psi|$  – азимутальный угол у БПЛА между осью главного лепестка ДНА бортового РЭС и направлением на наземный объект;

$$P_p^{\text{ВХ}}(\beta_{\text{бла}}) = \frac{1}{r_p^4(\beta_{\text{бла}})} f_p^2(\beta_p(\beta_{\text{бла}})) f_{\text{бр}}^2(\beta_{\text{рлс}}^v(\beta_{\text{бла}})); \quad (1)$$

$$P_{\text{об}}^{\text{ВХ}}(\beta_{\text{бла}}) = \frac{1}{r_{\text{об}}^4(\beta_{\text{бла}})} f_{\text{бр}}^2(\beta_{\text{об}}^v(\beta_{\text{бла}})), \quad (2)$$

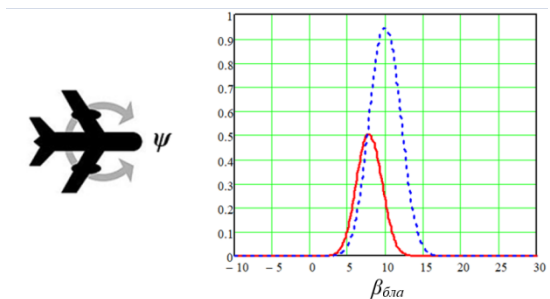
где  $\beta_{\text{бр}}^v(\beta_{\text{бла}}) = |\beta_p(\beta_{\text{бла}}) + \beta_v|$ ;  $\beta_{\text{об}}^v(\beta_{\text{бла}}) = |\beta_{\text{бла}} + \beta_v|$ ;  $\beta_v = \arctg(d_{\text{см}}/r_{\text{об0}})$  – азимутальный угол смещения нижнего края ДНА бортового РЭС от вертикального положения при  $v$ ;  $d_{\text{см}} = \text{tg}(v) \times h$  – расстояние между проекциями на земную поверхность положения БПЛА и нижнего края ДНА бортового РЭС при  $v$ ;

$$P_p^{\text{ВХ}}(\gamma) = \frac{1}{r_{\text{пн}}^4} f_p^2(\varepsilon_p) f_{\text{бр}}^2(\varepsilon_{\text{бр}}(\gamma)); \quad (3)$$

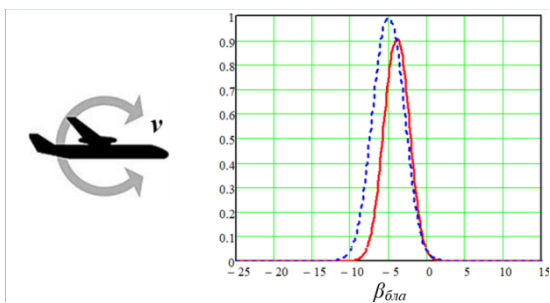
$$P_{\text{об}}^{\text{ВХ}}(\gamma) = \frac{1}{r_{\text{обн}}^4} f_{\text{бр}}^2(\varepsilon_{\text{об}}(\gamma)), \quad (4)$$

где  $r_{\text{пн}} = \sqrt{h^2 + r_{\text{p0}}^2}$ ,  $r_{\text{обн}} = \sqrt{h^2 + r_{\text{об0}}^2}$  – наклонные дальности от БПЛА до наземного РЭС и наземного объекта соответственно;  $\varepsilon_p = \arctg(h/r_{\text{p0}})$  – угол места БПЛА относительно наземного РЭС,  $\varepsilon_{\text{бр}}(\gamma) = \varepsilon_p - \gamma$  – угол между осью главного лепестка ДНА бортового РЭС и направлением на наземное РЭС в зависимости от значения угла  $\gamma$ ;  $\varepsilon_{\text{об}}(\gamma) = \varepsilon_{\text{бла}} - \gamma$  – угол между осью главного лепестка ДНА бортового РЭС и направлением на наземный объект в зависимости от значения угла  $\gamma$ ;  $\varepsilon_{\text{бла}} = \arctg(h/r_{\text{об0}})$  – угол места БПЛА относительно наземного объекта.

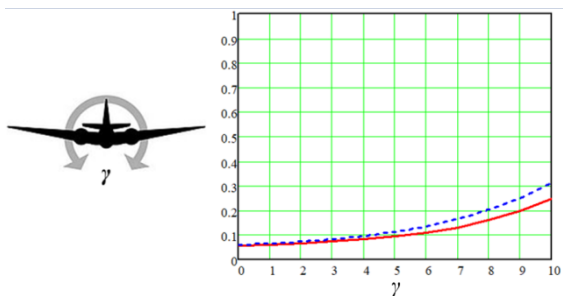
Результаты моделирования представлены на рис. 4. Сплошной красной линией обозначен уровень  $P_p^{\text{ВХ}}$ , пунктирной синей линией –  $P_{\text{об}}^{\text{ВХ}}$



а



б



в

а – угол рыскания  $\psi = 10^\circ$ ; б – угол тангажа  $\nu = 10^\circ$ ; в – угол крена  $\gamma = 0 \dots 10^\circ$

Рис. 4. Зависимость уровней  $P_p^{\text{BX}}$  (сплошная линия) и  $P_{\text{об}}^{\text{BX}}$  (пунктирная линия) на входе приемника бортового РЭС от углов поворота БПЛА

Как показано на рис. 4,а,б, ненулевые значения углов  $\psi$  и  $\nu$  приводят к смещению момента максимального уровня  $P_{об}^{BX}$  в сторону от  $\beta_{бла} = 0^\circ$  ( $\beta_{бла} = 9,8^\circ$  и  $\beta_{бла} = -4,9^\circ$  соответственно). Как следствие, в момент максимума  $P_{об}^{BX}$  уровень  $P_p^{BX}$  оказывается ниже первого. В силу широкой ДНА бортового РЭС  $\theta_e^{бр}$ , при изменении угла  $\gamma$  уровни  $P_p^{BX}$  и  $P_{об}^{BX}$  практически совпадают (рис. 4,в).

Из результатов моделирования следует, что в отличие от угла  $\psi$ , углы  $\gamma$  и  $\nu$  не оказывают существенного влияния на  $P_p^{BX}$  и  $P_{об}^{BX}$  на входе приемника бортового РЭС.

На третьем этапе определено значение угла  $\psi$ , при котором ось главного лепестка ДНА бортового РЭС проходит через наземный объект, а малый БПЛА находится в пределах главного лепестка ДНА наземного РЭС  $\theta_\beta$

$$\psi(\theta_\beta) = \arccos\left(\frac{r_{об0}^2 + r_{об}(\theta_\beta)^2 - r_{см}^2(\theta_\beta)^2}{2r_{об0}r_{об}(\theta_\beta)}\right) \quad (5)$$

где  $r_{об}(\theta_\beta) = \sqrt{r_{об0}^2 + r_{см}(\theta_\beta)^2}$  – расстояние между БПЛА и наземным объектом;  $r_{см}(\theta_\beta) = \frac{r_{р0} \sin(0.5\theta_\beta)}{\sin(\pi/2 - 0.5\theta_\beta)}$  – расстояние смещения БПЛА по

маршруту полета от точки траверза на наземный объект.

Так, при  $\psi \leq 15^\circ$ ,  $r_{об0} = 2000$  м и  $r_{р0} = 1650$  м воздействие на малый БПЛА с бортовым РЭС главным лепестком ДНА наземного РЭС, ось которой совпадает с осью наземный объект-наземное РЭС, обеспечивается при  $\theta_\beta \geq 36^\circ$ .

### Заключение

Таким образом, в результате использования разработанной методики и пакета Mathcad сформулированы требования к направленным свойствам неподвижной антенны наземного РЭС, обеспечивающим нахождение в пределах главного лепестка диаграммы направленности его антенны бортового РЭС, носитель которого выполняет полет с ненулевыми углами поворота.



В целях снижения эффективности применения бортового РЭС, направлением дальнейших исследований может быть определение зависимости уменьшения  $P_{об}^{вх} / P_p^{вх}$  на входе приемника бортовой РЭС от угла рассогласования между осями главных лепестков ДНА наземного и бортового РЭС.

Разработанная методика имеет прикладное значение и может использоваться при проектировании РЭС.

### Список литературы

1. Владимиров, В.И. Антагонистический конфликт радиоэлектронных систем. Методы и математические модели / В.И. Владимиров, В.П. Лихачев, В.М. Шляхин // М.: Радиотехника, 2004. 384 с.
2. Антонов, И.К. Воздушная разведка Автоматизированное дешифрирование радиолокационных изображений. Монография / И.К. Антонов, А.Н. Детков, Д.А. Ницак и др.; под ред. И.К. Антонова – М.: Радиотехника, 2021. 296 с.
3. Куприянов, А.И. Радиоэлектронная борьба. Основы теории / А.И. Куприянов, Л.Н. Шустов // М.: Вузовская книга, 2011. 800 с.
4. Биард Р. У., Т. У. МакЛэйн. Малые беспилотные летательные аппараты: теория и практика / Р. У. Биард, Т. У. МакЛэйн // М.: ТЕХНОСФЕРА, 2015. 312 с.
5. Купряшкин, И.Ф. Малогабаритные многофункциональные радиолокационные станции с непрерывным частотно-модулированным излучением: монография / И.Ф. Купряшкин, В.П. Лихачев, Л.Б. Рязанцев – М.: Радиотехника, 2020. 276 с.

## Экологический мониторинг распространения вредных примесей на урбанизированных территориях

А. И. Маленёв, e-mail: aleksandr-malenyov@yandex.ru

Военный учебно-научный центр военно-воздушных сил  
«Военно-воздушная академия имени профессора  
Н. Е. Жуковского и Ю.А.Гагарина» (г. Воронеж)

**Аннотация.** *Экологическая обстановка, является одним из основных показателей качества жизни человека. Среди множества факторов, определяющих экологическую составляющую, один из важнейших связан с состоянием воздушной среды. Продолжительность жизни напрямую зависит от качества воздуха. В этой связи природоохранные мероприятия, связанные с обеспечением комфортной, в смысле соответствия допустимых значений примесей, воздушной среды на урбанизированных территориях, приобретают первостепенную важность. Загрязнение воздуха может охватывать обширные территории, в связи с переносом вредных веществ воздушными массами. Известно, что перенос примесей в воздушной среде может осуществляться двумя способами, посредством диффузии и с помощью направленного переноса. Второй способ происходит существенно быстрее и представляет большую опасность для жизни и здоровья человека. К настоящему времени в рамках разнообразных метеорологических моделей, процессы движения и переноса воздушных масс описаны достаточно детально и подробно. Однако, отсутствие информации о значениях турбулентных коэффициентов диффузии, вертикальной конвективной скорости ветра не позволяет получать достоверные результаты. Однако имеют место трудности, связанные с формализацией граничных условий.*

**Ключевые слова:** *перенос, вредные вещества, городская застройка.*

### Введение

Решения, используемые при застройке городских территорий, характеризуются высокой степенью разнообразия. Сегодня города застраиваются принципиально по-иному, чем это делалось на протяжении многих десятилетий. Из городов (а в особенности из их центральных частей) начинают постепенно удаляться промышленные производства. Также интенсифицируются исследования в отношении

объектов, имеющих историческую и архитектурную ценность. Жилые, а также общественные здания начинают характеризоваться большим

Как свидетельствуют результаты анализа нормативной документации, регламентирующей процессы градостроения на протяжении последних 50 лет, в советское время нормы по плотности застройки в жилых районах были в 3-5 раз меньше, чем сегодня. Таким образом, районы, где распространена застройка в пять этажей, характеризуются наличием ярко выраженного резерва для повышения плотности проживания. Использован такой резерв может быть за счет уплотнения уже существующих домов, а также возведения новых зданий жилого назначения на тех площадях, что еще остались свободными (рис. 1). [1, 2].



*Рис. 1.* Пример возведения здания жилого назначения, относящегося к категории высотных, в существующей системе жилой застройки

Современная застройка в городах характеризуется наличием ряда положительных тенденций. Вместе с тем в ней имеются также и такие тенденции, что должны рассматриваться как отрицательные. Например, из-за того, что площади, пригодные для возведения высотных зданий «с нуля», находятся в большом дефиците (а стоимость таких площадей permanently увеличивается), приходится постоянно уплотнять уже существующую застройку.

### **1. Ветровой поток от высотного здания в условиях уплотнения существующей жилой застройки.**

В районах, где распространяется современная застройка, начинают появляться стихийно организованные пространства для размещения

личного автотранспорта жителей. Уплотнение застройки оказывает дополнительное воздействие на коммунальные сети, которые начинают функционировать в режиме постоянно увеличивающейся нагрузки. Все это негативно сказывается на экологических характеристиках окружающей среды. Что касается наиболее существенного негативного фактора, проявляющегося вследствие повышения плотности застройки, то это несоблюдение норм по естественной вентиляции тех зданий, которые были построены в предыдущие десятилетия и характеризуются низкой этажностью.

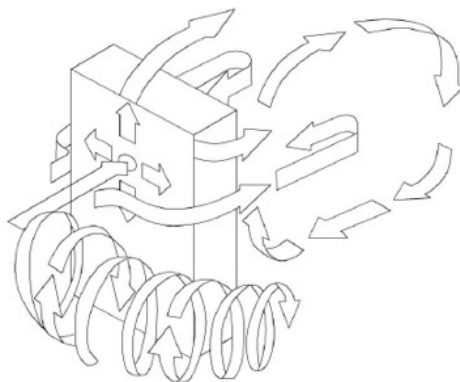
Зачастую в процессе возведения зданий, имеющих большое количество этажей, в непосредственной близости от малоэтажной застройки начинает появляться пространство «ветрового подпора» [2]. Это такое пространство, которое находится ниже, чем линия, ориентированная под углом в 45 градусов относительно верхней части препятствия, не позволяющего воздуху свободным образом распространяться. В зависимости от направления ветра в зоне может создаваться давление воздуха, отличное от барометрического. Если ветер дует в сторону препятствия и воздушные массы упираются в него, создается повышенное давление, величина которого зависит от скорости ветра [2].

При слабом ветре тяга значительно ухудшается, а при среднем – тяга «опрокидывается», то есть воздух идет в обратном направлении от устья вытяжной вентиляционной шахты в помещении. При ветре с противоположной стороны в зоне ветрового подпора возникает разрежение, тяга начинает увеличиваться, что приводит к возникновению эффекта «дутья», сквозняков в помещении.

Обтекание воздушными массами здания, имеющего большое количество этажей, приводит к тому, что ветер начинает оказывать большее давление. При определении ветровых нагрузок, а также потерь, обуславливаемых температурными причинами, важно принимать во внимание увеличение скорости, с которой перемещается ветер в вертикальном направлении [3].

Таким образом, высота, имеющаяся у здания – это фактор, в зависимости от которого процесс его ветрового обтекания начинает происходить тем или иным образом. Когда здание, характеризующееся меньшим количеством этажей, начинает испытывать увеличенное ветровое воздействие (появляющееся из-за того, что неподалеку от него было построено здание значительно большей высоты), то увеличивается вероятность возникновения подпора в пространстве кровли. Таким образом, возникает обратная тяга в вентиляционной системе более низкого здания. На рис. 2 показано, как происходит воздушное

обтекание высокого здания. Из рисунка становится понятно, что воздушные массы начинают оказываться выше кровли, постепенно перемещаясь в заветренное пространство. А в пределах наветренной стороны воздушные массы, располагающиеся в непосредственной близости от фасада, начинают перемещаться в нижнем направлении, уменьшая скорость, а также сдвигаются к фасадам, находящимся сбоку. Таким образом, воздушные слои, находящиеся выше, начинают давить на воздушные слои, располагающиеся ниже. Это приводит к тому, что воздушные массы, располагающиеся в непосредственной близости от земной поверхности, становятся более подвижными.



*Рис. 2.* Схема обтекания ветровым потоком высотного здания

Удаление веществ, появляющихся в результате процессов сгорания, производится посредством дымоходов, а также каналов вентиляционного назначения. Такие объекты функционируют благодаря естественной тяге, появляющейся вследствие того, что температура внутри здания и температура снаружи него всегда отличается. Чем выше располагается вентиляционный канал или труба для удаления дыма, тем более разрежена тяга в пределах вентиляционного канала [3,4]. Соответственно, самой большой является тяга на первых уровнях здания, а также тяга, создающаяся в летний период года.

Когда начинает функционировать водонагревательное оборудование, температура веществ, образующихся при горении, достигает 200 градусов Цельсия. Изначально, а также при подведении больших объемов воздуха температура горения может сокращаться относительно перечисленных выше величин. В пределах вентиляционных каналов, где нагрев воздушных масс не превышает 25 градусов Цельсия, тяга является незначительной. Летом, когда воздух,

находящийся в пределах канала, нагрет меньше, чем воздух, располагающийся вне него, проявляется такой эффект, как «опрокидывание тяги». Соответственно, воздух начинает оказываться в помещении, попадая в него из канала [4].

Объем разрежения при функционировании печей, а также водонагревательного оборудования достигает отметки в 15 Па. При этом значения данного показателя в каналах, используемых для обеспечения вентиляции, существенно меньше. Тяга трансформируется, когда открывается фрамуга. В числе факторов, оказывающих воздействие на функционирование вентиляционных, а также дымовых каналов, могут быть рассмотрены ветер, а также ориентация здания относительно соседствующих с ним сооружений. Нарушением является ситуация, когда дымовая труба располагается в пространстве, где имеется ветровой подпор, как показано на рис. 3. Пространство ветрового подпора – это пространство, располагающееся ниже, чем линия, ориентированная от наивысшей точки здания, располагающегося ближе всего к трубе, к горизонту (под углом в 45 градусов).

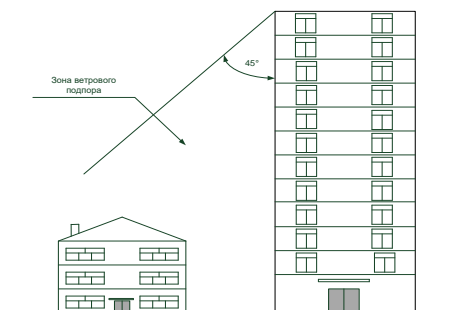


Рис. 3. Схема формирования зоны ветрового подпора

### Заключение

Прогнозы распространения вредных примесей в случае точечных или распределенных выбросов позволят заблаговременно проинформировать население и природоохранные органы о предполагаемом ухудшении экологической обстановки. Кроме того, разработанный методический аппарат позволит экологически обоснованно планировать строительство новых предприятий с повышенным экологическим риском с учетом минимизации потенциального экологического ущерба, как для сотрудников, так и для населения.

### Список литературы

1. Косинова И. И. Комплексная оценка геосферы жизнедеятельности населения территории Липецкого промрайона. / И.И. Косинова, С.И. Фонова, О.В. Базарский, И.П. Плаксицкая // Воронежский государственный архитектурно-строительный университет. 2014. – 175 с.
2. Императорское, русское общество. Воздухоплавание и исследование атмосферы / Императорское русское общество. – М.: Книга по требованию, 2012. – 629 с. 124.
3. Ali-Toudert F. Comprehensive Assessment Method for Sustainable Urban CAMSUD Development / Ali-Toudert F., Ji L., Fährmann, L., Czempik, S. // A New Multi-Criteria System for Planning, Evaluation and Decision-Making, submitted to Ecological Indicators (in revision) 2016.
4. Collier, M.J. Transitioning to resilience and sustainability in urban communities / Collier M.J., Nedovic-Budic Z., Aerts, J., Connop S., Foley D., Foley K., Newport D. J., McQuaid S., Slaev, A. D., Verburg P. H. // Current Research on Cities, 32, Supplement 1, no. 0, pp. S21-S28. 2013

# Научно-методический подход к построению моделей прогнозирования туманов при подготовке метеорологических специалистов из стран ОДКБ

А.Б. Мартыашкин: e-mail: martsash@mail.ru

ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»  
(г. Воронеж)

**Аннотация.** *Предложен подход к построению моделей прогнозирования туманов с учетом физико-географических условий стран ОДКБ при подготовке метеорологических специалистов*

**Ключевые слова:** *Туман, прогностическая модель, метеорологические специалисты стран ОДКБ*

## Введение

Одной из целей подготовки метеорологических специалистов является формирование у обучающихся компетенции способности диагностировать и прогнозировать состояние метеорологической, гидрометеорологической и геофизической обстановки для решения задач метеорологического, гидрометеорологического и геофизического обеспечения. То есть, выпускник должен знать, в совершенстве использовать существующие способы прогнозирования метеорологических условий и уметь разрабатывать новые способы прогноза на основе учета конкретных физико-географических условий. Это особенно важно для военных специалистов, проходящих подготовку в ВУНЦ ВВС «ВВА» для государств - членов Организации Договора о коллективной безопасности (ОДКБ), которые после выпуска будут решать задачи диагностики и прогнозирования гидрометеорологических условий над территорией своих государств.

### 1. Влияние туманов на деятельность авиации

Туман для авиации является опасным явлением погоды, которое в значительной мере осложняет применение авиации для решения учебных и специальных задач.

В настоящее время существует целый ряд способов прогнозирования туманов [1]. Однако их применение без учета местных физико-географических условий района базирования резко снижает точность прогноза. Поэтому актуальной остается проблема совершенствования существующих прогностических алгоритмов на



основе учета местных особенностей или разработка новых способов прогнозирования туманов на архивном материале района базирования.

Целью настоящей работы является рассмотрение научно-методического подхода к разработке новых способов прогнозирования радиационных туманов на территории Беларуси и Казахстана для использования их при обучении военных специалистов государств - членов ОДКБ по специальности «Гидрометеорологическое и геофизическое обеспечение войск (сил)»

## **2. Модель прогнозирования туманов для рассматриваемых территорий**

Радиационные туманы образуются в результате охлаждения земной поверхности и прилегающего слоя воздуха (достаточно увлажненного) под влиянием излучения и турбулентного перемешивания.

Благоприятными условиями для образования радиационных туманов являются:

а) отсутствие облачности или наличие облачности только верхнего яруса;

б) высокая относительная влажность в вечернее время. Чем выше относительная влажность, тем меньше охлаждение, необходимое для достижения состояния насыщения и образования тумана.

Исходя из вышесказанного, сформирован предварительный перечень предикторов:  $T_{12}$  – температура воздуха за 12 часов,  $D_{18}$  – дефицит точки росы за 18 часов,  $T_{15}$  – температура воздуха за 15 часов,  $N_{12}$  – количество облачности за 12 часов,  $T_{18}$  – температура воздуха за 18 часов,  $N_{15}$  – количество облачности за 15 часов,  $Td_{12}$  – температура точки за 12 часов,  $N_{18}$  – количество облачности за 18 часов,  $Td_{15}$  – температура точки за 15 часов,  $ff_{12}$  – скорость ветра за 12 часов,  $Td_{18}$  – температура точки за 18 часов,  $ff_{15}$  – скорость ветра за 15 часов,  $D_{12}$  – дефицит точки росы за 12 часов,  $ff_{18}$  – скорость ветра за 18 часов,  $D_{15}$  – дефицит точки росы за 15 часов,  $VV_{06}$  – видимость за 6 часов.

Рассчитаны численные значения критериев Махаланобиса [2], которые представлены в табл. 1.

На основе анализа данных, приведенных в табл., был составлен окончательный перечень предикторов, которые имеют наибольшие значения расстояний Махаланобиса:  $T_{15}$  – температура за 15 часов;  $T_{18}$  – температура за 18 часов;  $Td_{15}$  – точка росы за 15 часов;  $D_{15}$  – дефицит точки росы за 15 часов;  $U_{15}$  – относительная влажность за 15 часов;  $Ff_{15}$  – скорость ветра за 15 часов;  $N_{15}$  – общая облачность за 15 часов;  $N_{18}$  – общая облачность за 18 часов.

## Критерии Махаланобиса

$T_{12}$	$T_{15}$	$T_{18}$	$Td_{12}$	$Td_{15}$	$Td_{18}$
0,001771	0,02441	0,01373	0,00265	0,01098	0,00412
$D_{12}$	$D_{15}$	$D_{18}$	$U_{12}$	$U_{15}$	$U_{18}$
0,00238	0,00479	0,00368	0,00013	0,00683	0,00432
$Ff_{12}$	$Ff_{15}$	$Ff_{18}$	$N_{12}$	$N_{15}$	$N_{18}$
0,00142	0,00634	0,00011	0,00466	0,00771	0,02211

С использованием специализированного программного обеспечения для проведения статистического анализа данных Deductor Studio Academic, алгоритмом С 4.5. получено лучшее дерево решений, представленное на рисунке, которое ляжет в основу нового способа прогнозирования радиационных туманов.

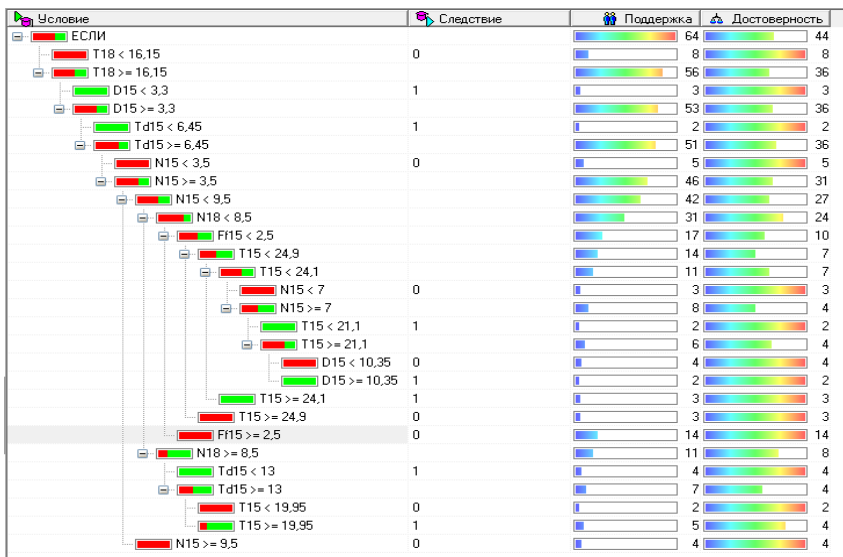


Рис. 2. Дерево решений для прогнозирования радиационных туманов

Рассчитаны показатели успешности разработанного способа прогноза и способа прогноза А.С. Зверева

Таблица 2

*Критерии оценки способов прогноза туманов*

Критерии оценки/ способы прогноза	Разработанный	А.С. Зверева
Общая оправдываемость, %	0,72	0,54
Критерий Обухова	0,42	0,29
Критерий Багрова	0,46	0,31

Также при построении нового способа прогноза может быть использован классический корреляционный анализ. Здесь важно учитывать необходимость создания архивной выборки исключительно для тех физико-географических условий, для которых будет использоваться прогностическая зависимость. На примере для станции Минск выбраны предикторы и предиктанты. Значения коэффициентов корреляции представлены в табл.3

Таблица 3

*Коэффициенты корреляции между предварительными предикторами и предиктантами*

Признак	$D$	$ff$	$f\%$	$Td_{18}$	$T_{min}$
$Tt$	0,620	0,344	-0,518	0,210	0,273
$VV$	0,394	0,198	-0,102	-0,049	0,075

На основе анализа представленных результатов наилучшими являются дефицит точки россы  $D$  и прогностическая скорость ветра  $ff$ .

На следующем этапе получены уравнения регрессии для прогнозирования времени образования тумана  $Tt$  и минимальной видимости в нем  $VV$ , которые представлены в табл. 4.

Полученные уравнения регрессии, могут быть использованы не только для прогноза времени образования тумана, но и для прогноза самого явления, при этом в качестве критерия используется значение  $Tt = 12$  ч т.е., если  $Tt > 12$  ч – туман не ожидается, если  $Tt < 12$  ч – туман ожидается.

Для оценки качества прогнозирования тумана с использованием полученной зависимости и сравнения с существующим способом И.В. Кошеленко рассчитаны: общая оправдываемость  $U$ , критерий А.Н. Багрова  $H$ , критерий А.М Обухова  $Q$ . Результаты приведены в табл. 5.

Таблица 4

Уравнения регрессии для прогнозирования времени образования тумана и минимальной видимости в нем

№ п/п	Уравнения регрессии	Средняя абсолютная ошибка	СКО	Коэффициент корреляции
1	$Tt = 1,55 + 1,0 \cdot D + 0,948 \cdot ff$	2,096	2,620	0,671
2	$VV = 0,220 + 0,016 \cdot D + 0,014 \cdot ff$	0,132	0,180	0,607

Таблица 5

Способ прогноза	Общая оправдываемость, $U$	Критерий Багрова, $H$	Критерий Обухова, $Q$
Разработанный	0,70	0,48	0,49
Кошеленко	0,66	0,28	0,26

На основе анализа результатов можно сделать вывод, что разработанный способ прогнозирования туманов имеет лучшие показатели по всем критериям по сравнению с существующим способом А.С. Зверева.

### Заключение

Таким образом, в работе предложен научно-методический подход к получению новых способов прогнозирования радиационных туманов, необходимых для подготовки военных специалистов государств – членов ОДКБ.

### Список литературы

1. Скирда И.А. Авиационные прогнозы погоды / И.А. Скирда И.И. Ульшин, А.Б. Мартышкин // Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2014. – 476 с.
2. Ульшин И.И. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации / И.И. Ульшин // Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2016. – 187 с.

## Модель оценки информации используемой при гидрометеорологическом обеспечении потребителей

А. Н. Маслобойщиков, email: inikover1395@yandex.ru

Н. А. Веремьёв, email: nikover1395@yandex.ru

А. И. Аристов, email: nikover1395@yandex.ru

ВУНЦ ВВС «ВВА» им. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

**Аннотация.** *В данной статье представлена оценка системы сбора и распространения гидрометеорологической информации на примере Воронежской области.*

**Ключевые слова:** *гидрометеорологическая информация, система сбора и распространения гидрометеорологической информации, опасные явления погоды, гидрометеорологические (метеорологические) подразделения, оценка качества информации.*

### Введение

Важнейшей задачей Росгидромета является прогнозирование и обнаружение опасных явлений погоды (ОЯП), предупреждение органов государственной власти, органов управления Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, Вооруженных Сил Российской Федерации, отраслей экономики и населения об этих явлениях с целью предотвращения гибели людей и снижения экономического ущерба. Перечень ОЯП и критических значений метеорологических величин, определяются инструкциями и соответствующими нормативными документами [1].

Обязанности должностных лиц гидрометеорологических (метеорологических) подразделений по штормовому оповещению и предупреждению определяются инструкциями, которые разрабатываются территориальными органами, подведомственными им центрам по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, центры по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды специализированного центра Всемирной службы погоды и центры (областные, республиканские, краевые, окружные) по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды.

В настоящее время, как правило, доступ к сведениям о наличии ОЯП ограничен или закрыт, поэтому возникает противоречие между требованиями документов по организации гидрометеорологического

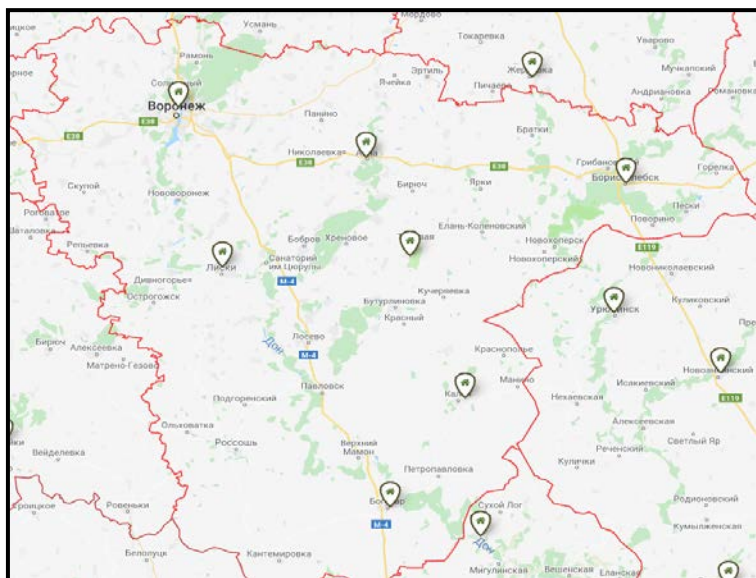
обеспечения (ГМО) и фактической освещенности района в гидрометеорологическом отношении.

Поэтому создание объективной системы штормового предупреждения об ОЯП является необходимой и сложной задачей в настоящее время.

Для эффективного обеспечения требуется гидрометеорологическая информация (ГМИ), обладающая определенными свойствами, например, она должна быть своевременной и полной [2, 3, 4].

### **1. Модель оценки качества ГМИ на основе расчетов площади покрытия для визуальных и радиолокационных гидрометеорологических наблюдений по территории Воронежской области.**

В настоящее время на территории области размещен ряд стационарных метеорологических станций, которые находятся в пунктах Воронеж, Борисоглебск, Анна, Лиски, Каменная Степь, Калач, Богучар рис. 1.



*Рис. 1.* Размещение стационарных метеорологических станций по Воронежской области

Представленная схема размещения сложилась исторически и не в полной мере удовлетворяет современным требованиям ГМО.

Зона (радиус) ответственности визуальных наблюдений данных станций составляют в среднем 10 км (площадь 314 км<sup>2</sup>). Для оценки качества ГМИ рассчитывается площадь покрытия визуальных наблюдений

$$S_{вн} = S_{обл} - \sum S_n \quad (1)$$

где  $S_{обл}$  – площадь визуальных наблюдений;  $S_{обл}$  – площадь области;  $S_n$  – площадь зоны наблюдений метеорологической станции.

Таким образом, площадь покрытия визуальных наблюдений - 2198 км<sup>2</sup>, что составляет 4,19 % от всей территории области и не может обеспечить достаточную своевременность обнаружения ОЯП.

Для проведения радиолокационных наблюдений по территории области используются метеорологические радиолокаторы (МРЛ), которые установлены в пунктах Воронеж, Тамбов, Балашов, Белгород, Курск, Орел, Тула (рис. 2).

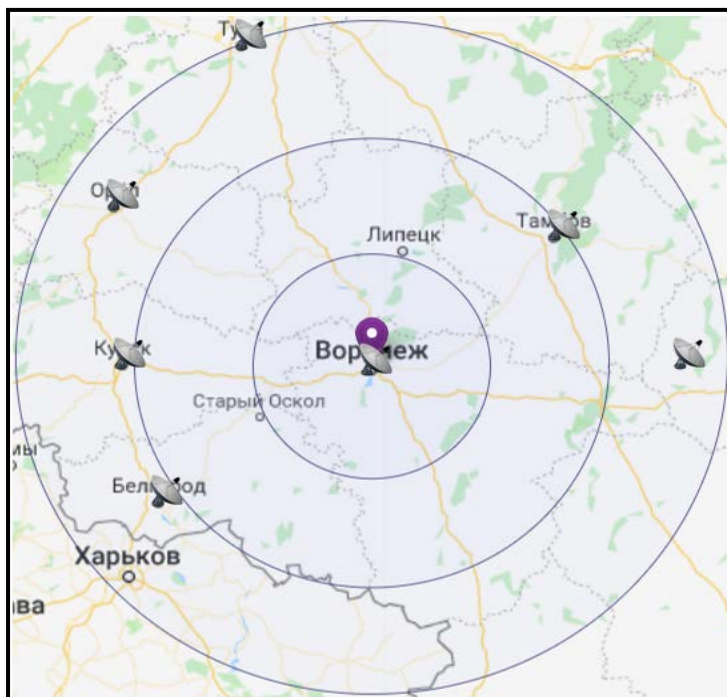


Рис. 2. Расположение МРЛ

Зона (радиус) ответственности для радиолокационных наблюдений данных МРЛ составляют в среднем 300 км, следовательно, территория области в радиолокационном отношении освещена в полном объеме.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о различном качестве получения ГМИ по территории области при использовании визуальных и радиолокационных наблюдений.

## 2. Оценка объема получения ГМИ

Оценка объема получения ГМИ по территории исследования основывалась на основе показателя метеорологической эффективности [5].

Общий подход к определению составляющих критерия метеорологической эффективности системы сбора и распространения наблюдений за ОЯП заключается в следующем. Каждый из  $i$ -ых видов ГМИ должен обладать определенными  $x$ -характеристиками [4].

Обозначение  $P(x_i)$  - вероятности получения  $x$ -характеристики  $i$ -того вида информации. Тогда вероятность совместного получения  $m$  независимых характеристик  $i$ -того вида информации для каждого метода наблюдения  $k$  будет выглядеть следующим образом

$$P_j^k = \prod_{x=1}^{x=m} P(x_i) \quad (2)$$

Величина метеорологической эффективности количественно определяется критерием  $P_i$ , который показывает, какой процент полученной информации, удовлетворяет заранее поставленным требованиям, т.е. общая вероятность  $P_i$  совместного получения независимых характеристик по всем методам наблюдения  $k$  определяется как

$$P_i = \sum P_i^k q_k \quad (3)$$

где  $q_k$  - удельный вес  $k$ -метода наблюдения в общем комплексе наблюдений за ОЯП.

Таким образом, решение задачи об оценке метеорологической эффективности системы организации сбора и распространения наблюдений за ОЯП сводится к расчету  $P$ .

Характеристика, объем (полнота) ГМИ - вероятность получения требуемого объема информации  $P(\Pi)_j$  о  $j$ -ом ОЯП зависит одновременно от вероятности обнаружения и распознавания, т.е.

$$P(\Pi)^j = P(\Pi)_{обн}^j P(\Pi)_{расп}^j \quad (4)$$



Вероятность обнаружения ОЯП зависит, прежде всего, от применяемого метода наблюдения. Например, при использовании визуальных наблюдений за  $j$ -ым ОЯП с радиусом действия (радиус обнаружения кучево-дождевой облачности и ОЯП, связанного с ней)  $r_j$ , вероятность обнаружения этого явления, имеющего диаметр  $d_j$ , сеть метеорологических станций, расположенных друг от друга на расстоянии  $\bar{l}$ , будет равна

$$P(\Pi)_{\text{обн}}^j = \frac{2r_j + d_j}{\bar{l}} \quad (5)$$

Величина  $\bar{l}$  определяется при известном общем количестве метеорологических станций, расположенных на заданной территории площадью  $D$

$$\bar{l} = \sqrt{\frac{4D}{\pi N}} \quad (6)$$

Из выражений (4) и (5) следует, что при прочих равных условиях  $P(\Pi)_{\text{обн}}^j$  возрастает с ростом густоты сети метеорологических станций.

При использовании радиолокационного метода наблюдений,  $P(\Pi)_{\text{обн}}^j$  зависит от различных условий: характеристик радиолокационной станции; расстояния до ОЯП; высоты ее расположения над земной поверхностью.

Теоретический расчет  $P(\Pi)_{\text{обн}}^j$  является сложной задачей, и на практике для оценки этой величины используются экспериментальные кривые, полученные на радиолокационных станциях и характеризующие статистическую связь  $P(\Pi)_{\text{обн}}^j$  с расстоянием до ОЯП. Следовательно, величина  $P(\Pi)_{\text{обн}}^j$  зависит главным образом от метода наблюдений за ОЯП [4,5].

Величина  $P(\Pi)_{\text{обн}}^j$  зависит от способа анализа данных, полученных в результате наблюдений. Например, при визуальных наблюдениях используется качественный способ анализа, во многом зависящий от субъективизма наблюдателя.

При радиолокационных наблюдениях: используется принцип объективного (численного анализа) радиолокационных данных [2].

Как правило, величина  $P(\Pi)_{\text{обн}}^j$  разных методов наблюдения может быть оценена экспериментально путем сравнения результатов применяемого способа анализа с наиболее объективным (эталоном).

Таким образом, представленный подход к определению объема (полноты) МИ в системе наблюдений за ОЯП, позволяет получить вероятностную характеристику и объективно оценить организацию определенной системы сбора и распространения наблюдений за ОЯП.

Реализация изложенного подхода апробирован по исследуемой территории, в которой отражены особенности получения ГМИ об ОЯП в данном физико-географическом районе [3].

На первом этапе произведены расчеты критерия метеорологической эффективности состояния системы наблюдения за ОЯП.

Исходными данными являются: количество метеорологических станций, привлекаемые к сбору и распространению ГМИ) –  $N = 7$ ; радиус площади, в пределах которой производятся наблюдения за ОЯП –  $R = 300$  км.

Для визуального метода наблюдений, вероятность обнаружения и опознавания ОЯП, рассчитывается с учетом площади круга  $D = \pi R^2$  поэтому формула (4) примет вид

$$\bar{l} = 2R\sqrt{\frac{1}{N}} \quad (7)$$

По формуле (6) и экспериментальным данным, определяется значение  $P(\Pi)_{обн}^j$  для ОЯП конвективного происхождения (ливни, грозы и град) (табл. 1).

Таблица 2

*Вероятность обнаружения опасных явлений погоды одной метеорологической станцией при визуальном методе наблюдения*

Характер явления	Среднее расстояние между станциями, км	Диаметр явления (средний размер, км)	Радиус обнаружения (км)	Вероятность обнаружения
Ливни	133	7	2	0,03
Грозы	133	1	20	0,13
Град	133	1	1	0,01

При условии, что распознавание визуально обнаруженных ОЯП происходит с вероятностью  $P(\Pi)_{обн}^j$ , рассчитывается среднегодовой коэффициент  $P(\Pi)$ .

Если среднегодовая повторяемость ОЯП в данном физико-географическом районе соответствует значениям: ливней – 0,6; гроз – 0,35; града – 0,05, то формула (2) примет вид

$$P(\Pi) = \sum P(\Pi)_{обн}^j P(\Pi)_{расп}^j P^j \quad (8)$$

где  $P_j$  - повторяемость  $j$ -го явления.

Результаты вероятности получения требуемого объема ГМИ об ОЯП  $P(\Pi)$  для различных значений радиуса представлены в табл. 2.

Таблица 3

*Вероятность получения требуемого объема гидрометеорологической информации об опасных явлениях погоды при различных явлениях*

Характер явления	$P(\Pi)$
Ливень	0,018
Гроза	0,0455
Град	0,0005

Следовательно, вероятность получения требуемого объема информации об ОЯП в пределах которой производится наблюдения незначительна.

Таким образом, предлагаемая модель оценки качества ГМИ в системе штормового предупреждения основывается на расчете количественных показателя эффективности, что позволяет разрабатывать необходимые предложения по созданию оптимальной системы сбора и распространения ГМИ по требуемой территории.

### Список литературы

2. РД 52.88.699-2008. Руководящий документ. Положение о порядке действий учреждений и организаций при угрозе возникновения и возникновении опасных природных явлений. М.: Росгидромет, 2008. – 31 с.
3. Сальман Е.М. Вопросы метеорологической эффективности радиолокационной системы наблюдений за облачностью и опасными явлениями погоды / Е.М. Сальман, Б.Ш. Дивинская // Труды ГГО. – 1971. – Вып. 261. – С 28-30.
4. Маслобойщиков А.Н. Оценка метеорологической информации в системе штормового оповещения. / А.Н. Маслобойщиков // ВНИК Современные проблемы гидрометеорологии и устойчивого развития Российской Федерации 14-15 мая 2019. – том II. – С. 620-621.

5. Маслобойщиков А.Н. Повышение эффективности штормового предупреждения боевых действий Военно-воздушных сил в составе межвидовой группировки войск (сил) / А.Н. Маслобойщиков, Н.А. Веремьев // Сборник научных статей по материалам VIII Всероссийской научной конференции: Актуальные проблемы вооруженной борьбы в воздушно-космической сфере г. Воронеж 9-10 февраля 2022 г. С 195-198.

6. Маслобойщиков А.Н. Оценка объема метеорологической информации / А. Н. Маслобойщиков, Н. А. Веремьев, Прохоров М.А. // Воронежский государственный университет федеральный исследовательский центр «информатика и управление» ран материалы XXII международной научно-методической конференции им. Э. К. Алгазинова, 10-12 февраля 2022 г (Воронеж, Россия). Под редакцией к.т.н. Борисова Д. Н. Воронеж: ООО «ВЭЛБОРН» 2022. С. 351-357.

# Математическое моделирование НДС подземных полимерных трубопроводов, взаимодействующих с окружающим грунтом по вязкоупругому закону

Н. А. Нишонов<sup>1</sup>, E-mail: nematilla81@mail.ru,  
А. Х. Маткаримов<sup>2</sup>, Э. А. Косимов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Институт механики и сейсмостойкости сооружений  
им. М.Т. Уразбаева АН РУз

<sup>2</sup> Ташкентский государственный транспортный университет

**Аннотация.** В статье разработана математическая модель подземных трубопроводов из полимерных материалов с вязкоупругим взаимодействием, для изучения НДС подземных трубопроводов, расположенных в водонасыщенной грунтовой среде, при сейсмических воздействиях.

**Ключевые слова:** подземных полимерных трубопровода, взаимодействия с грунтом, сейсмических воздействия, нормального напряжения, касательного напряжения.

## Введение

Подземные трубопроводы из полимерных материалов, применяемые в современном строительстве, обладают свойством податливости к большим перемещениям. Для определения их механических характеристик необходимо построить математическую модель, отражающую физический смысл и концептуальные закономерности механического поведения полимера. В работе [1] изучены колебания полимерных труб, расположенных в однородных грунтовых условиях, в [2] рассмотрены вопросы строительства полимерных труб в канализации. В [3] исследованы продольные и поперечные колебания вязкоупругих подземных трубопроводов при сейсмических воздействиях. Получены интегро-дифференциальные уравнения, определяющие продольные и поперечные перемещения трубопроводов относительно грунта, которые решаются методом усреднения. В работе [4] нами решались задачи о колебаниях подземных полимерных трубопроводов с учетом переменного коэффициента взаимодействия при различных видах сейсмических нагрузок. Исследовано напряженно-деформированное состояние подземных полимерных трубопроводов, связь между напряжениями, деформациями и скоростями записана по модели Фойгта. Рассмотрим общую

интегральную модель связи между напряжениями и деформациями в вязкоупругих телах по наследственной теории Больцмана–Вольтерра со слабосингулярными ядрами наследственности. Модель Больцмана–Вольтерра с сингулярными ядрами наследственности типа Абеля хорошо согласуется с экспериментами и тождественно учитывает фактор времени, связанный с ползучестью деформации и релаксацией напряжений [5 – 9].

### Разработка моделей

Рассмотрим подземный трубопровод, у которого ось  $x$  направлена вдоль оси трубопровода. Обозначим через  $u(x,t)$  продольное смещение и  $\sigma$  – напряжение в сечении. Если  $\rho$  – плотность материала,  $F$  – площадь поперечного сечения трубы, то уравнение движения примет следующий вид [10]:

$$\rho F \frac{\partial^2 \bar{u}}{\partial t^2} = F \frac{\partial \sigma}{\partial x} - 2\pi R k_x(\bar{x})(\bar{u} - \bar{u}_0) \quad (1)$$

Для нормального напряжения подземных полимерных трубопроводов и касательного напряжения взаимодействия с грунтом принимаем [5, 6, 9]

$$\sigma = E \left[ \varepsilon(t) - \int_0^t \Gamma(t - \tau) \varepsilon(\tau) d\tau \right],$$

$$\tau(x,t) = D_g \left[ (\bar{u} - \bar{u}_0) - \int_0^t \Gamma_g(t - \eta) [\bar{u}(x, \eta) - \bar{u}_0(x, \eta)] d\eta \right], \quad (2)$$

$$D_g = 2\pi R k_x(\bar{x}).$$

В этом случае в уравнении (1) необходимо напряжения заменить выражениями по формуле (2)

$$\rho \frac{\partial^2 \bar{u}}{\partial t^2} = E \left( \frac{\partial^2 \bar{u}}{\partial x^2} - \int_0^t \Gamma_i(\bar{t} - \tau) \frac{\partial^2 \bar{u}}{\partial x^2} d\tau \right) -$$

$$-\bar{D}_g \left[ (\bar{u} - \bar{u}_0) - \int_0^t \Gamma_g(t - \eta) [\bar{u}(x, \eta) - \bar{u}_0(x, \eta)] d\eta \right], \quad (3)$$

где  $E$  – модуль упругости материала трубы;  $\Gamma(t - \tau)$  – функция влияния напряжения, убывающая при возрастании  $(t - \tau)$ ;  $k_x(x)$  – коэффициент продольного взаимодействия трубопровода с грунтовой средой;  $R$  и  $r$  –

соответственно внешний и внутренний радиусы трубопровода;  $u_0$  – перемещение грунта при сейсмическом нагружении.

Введем следующие безразмерные величины  $\bar{x} = lx$ ,  $\bar{u} = 2Ru$ ,  $\bar{t} = t_0 \cdot t$ . Тогда уравнение (3) примет вид

$$\frac{\partial^2 \bar{u}}{\partial \bar{t}^2} = \frac{\partial^2 \bar{u}}{\partial \bar{x}^2} - \int_0^{\bar{t}} \Gamma(t-\tau) \frac{\partial^2 \bar{u}}{\partial \bar{x}^2} d\tau - D_1 k_x(x) \left[ (\bar{u} - \bar{u}_0) - \int_0^{\bar{t}} \Gamma_{\epsilon}(t-\eta) [u(x, \eta) - u_0(x, \eta)] d\eta \right] \quad (4)$$

$$\text{Здесь } D_1 = \frac{2Rl^2}{E(R^2 - r^2)}.$$

Реологические свойства трубопровода учтем с помощью слабосингулярного ядра Колтунова – Ржаницына с тремя реологическими параметрами  $A_b$ ,  $\beta$  и  $\alpha$  вида [9]

$$\begin{aligned} \Gamma(t) &= \bar{A} e^{-\bar{\beta} t} t^{\alpha-1}, \quad 0 < \alpha < 1, \quad [\bar{\beta}] = c^{-1}, \quad [\bar{A}] = c^{-\alpha}; \\ \Gamma_{\epsilon}(t) &= \bar{A}_{\epsilon} e^{-\bar{\beta}_{\epsilon} t} t^{\alpha_{\epsilon}-1}, \quad 0 < \alpha_{\epsilon} < 1, \quad [\bar{\beta}_{\epsilon}] = c^{-1}, \quad [\bar{A}_{\epsilon}] = c^{-\alpha_{\epsilon}}; \end{aligned} \quad (5)$$

где  $A_b$  – параметр вязкости;  $\beta$  – реологический параметр вязкости;  $\alpha$  – параметр сингулярности ядра наследственности, определяемый экспериментально.

Произведя замену переменных  $t - \tau = z^r$ ,  $r = \alpha_i^{-1}$  по методике [9], получим

$$\begin{aligned} \int_0^{t_m} \Gamma_i(t-\tau) T_n(\tau) d\tau &= A_i \int_0^{t_m} (t-\tau)^{\alpha_i-1} e^{-\beta_i(t-\tau)} T_n(\tau) = \\ &= \frac{A_i}{\alpha_i} \int_0^{t_m} e^{-\beta_i z^r} T_n(t_m - z^r) dz \end{aligned} \quad (6)$$

Полагая, что  $t = t_i$ ,  $t_i = i\Delta t$ ,  $i = 1, 2, \dots$  ( $\Delta t = \text{const}$  – шаг интерполяции), будем иметь

$$\frac{A_i}{\alpha_i} \sum_{j=1}^m B_{ji} e^{-\beta_i t_j} T_{n, m+1, -j} \quad (7)$$

где

$$B_{ij} = \frac{\Delta t^{\alpha_i}}{2} \left[ (j+1)^{\alpha_i} - (j-1)^{\alpha_i} \right] \quad j = 2, m-1; \quad B_{i1} = \Delta t^{\alpha_i} / 2;$$

$$B_{im} = \frac{\Delta t^{\alpha_i}}{2} \left[ m^{\alpha_i} - (m-1)^{\alpha_i} \right].$$

Тогда (4) с учетом (7) примет вид

$$\frac{\partial^2 \bar{u}}{\partial \bar{t}^2} = \frac{\partial^2 \bar{u}}{\partial \bar{x}^2} - \frac{A_i}{\alpha} \sum_{j=1}^m B_j e^{-\beta t_j} \frac{\partial^2}{\partial x^2} u(x, t_m - t_j) - D_1 k_x(x) \left[ (u - u_0) - \frac{A_b}{\alpha_b} \sum_{j=1}^m B_j^b e^{-\beta_b t_j} \left[ u(x, t_m - t_j) - u_0(x, t_m - t_j) \right] \right] \quad (8)$$

Для решения сформированной краевой задачи используем метод конечных разностей. При этом дифференциальные слагаемые уравнения (8) аппроксимируем центральными разностными схемами второго порядка точности и решаем относительно  $u_{k,j+1}$  ( $k = i-1, i, i+1$ )

$$u_{i,j+1} = \frac{\tau^2}{h^2} u_{i-1,j} + \left( 2 - \tau^2 D_1 k_i(x) - \frac{2\tau^2}{h^2} \right) u_{i,j} + \frac{\tau^2}{h^2} u_{i+1,j} - u_{i,j-1} + \tau^2 D_1 k_i(x) \frac{A_b}{\alpha_b} \sum_{k=1}^{j+1} B_k^b e^{-\beta_b t_k} (u_{i,j+1-k} - u_{i,j+1-k}^0) - \frac{A\tau^2}{\alpha h^2} \sum_{k=1}^{j+1} B_k^b e^{-\beta t_k} (u_{i+1,j+1-k} - 2u_{i,j+1-k} + u_{i-1,j+1-k}) + D_1 \tau^2 k_i(x) u_{i,j}^0 \quad (9)$$

Продольное напряжение в полимерной трубе, определяемое по формуле (2), с учетом введенных безразмерных параметров запишется в виде

$$\sigma = E \frac{2R}{l} \left( \frac{\partial u}{\partial x} - \frac{A_b}{\alpha} \sum_{k=1}^n B_k^b e^{-\beta t_k} \frac{\partial u}{\partial x} \right) \quad (10)$$

Уравнение (10) с учетом аппроксимации центрально разностной схемы второго порядка примет вид

$$\sigma_{i,j} = \frac{ER}{lh} (u_{i+1,j} - u_{i-1,j}) - \frac{A_b}{\alpha} \sum_{k=1}^n B_k^b e^{-\beta t_k} \frac{ER}{lh} (u_{i+1,j} - u_{i-1,j}) \quad (11)$$



Рассмотрим случай выполнения граничных условий, когда оба конца трубы заземлены:

$$u_{0,j} = 0; u_{N,j} = 0. \quad (12)$$

Начальные условия

$$u|_{t=0} = u_{i,0} = 0; \dot{u}|_{t=0} = \dot{u}_{i,0} = 0. \\ \frac{1}{2\tau}(u_{i,1} - u_{i,-1}) = \dot{u}_{i,0} = 0; \quad u_{i,-1} = u_{i,1} \quad (13)$$

С изменением граничных условий при  $i = 1$  и  $i = N$  и начальных условий при  $j = 0$  соответственно изменяются приведенные алгоритмы.

Для решения алгебраического уравнения (9) используется метод исключения Гаусса. При этом учитываются начальные условия (12) и граничные условия (13).

### Заключение

В данной статье приведены математическое моделирование подземных трубопроводов из полимерных материалов с вязкоупругим взаимодействием для изучения НДС подземных трубопроводов, расположенных в водонасыщенной грунтовой среде, при сейсмических воздействиях. Поставлена задача для определения НДС полимерных трубопроводов с учетом влияния условий закрепления, грунтовых условий, степени влажности и изменения ее режима по длине трубопровода при различных видах сейсмических нагрузок.

### Список литературы

1. Мухамедова С. Исследование сейсмостойкости трубопроводов из полимерных материалов / С. Мухамедова // Автореф. дис. канд. техн. наук. Ташкент, 1983.
2. Касимов А. Г. Применение пластмассовых труб в системе канализации с учетом сейсмичности / А. Г. Касимов // Автореф. дис. канд. техн. наук. – М. 1989.
3. Маткаримов А. Х. Вопросы сейсродинамики подземных сооружений с учетом вязкоупругих свойств сооружений и контакта их с грунтом / А. Х. Маткаримов // Автореф. дис. канд. техн. наук. Ташкент, 1974 г.
4. Нишонов Н. А. Колебания подземных трубопроводов с переменными коэффициентами взаимодействия при сейсмических нагрузениях / Н. А. Нишонов // Узб. журнал «Проблемы механики», 2013. №3-4, – С. 30–36.

5. Ильюшин А. А. Основы математической теории термовязкоупругости / А. А. Ильюшин, Б. Е Победря // М.: Наука, 1970. – 280 с.
6. Колтунов М. А. Ползучесть и релаксация./ М. А. Колтунов // М.: Высшая школа, 1983. – 345 с.
7. Эшматов Б. Х. Нелинейные колебания и динамическая устойчивость вязкоупругой круговой цилиндрической оболочки с учетом деформации сдвига и инерции вращения / Б. Х. Эшматов // Изв. РАН. МТТ. 2009. № 3. – С.102–117.
8. Ходжаев Д. А. Нелинейные колебания вязкоупругой пластины с сосредоточенными массами / Д. А. Ходжаев, Б. Х. Эшматов // Прикладная механика и техническая физика. 2007. Т.48. № 6. – С. 158-169.
9. Бадалов Ф. Б. Методы решения интегральных и интегродифференциальных уравнений наследственной теории вязкоупругости./ Ф. Б. Бадалов // Ташкент: Мехнат, 1987. – 272 с.
10. Рашидов Т. Р. Динамическая теория сейсмостойкости сложных систем подземных сооружений / Т. Р. Рашидов // Ташкент: Фан, 1973. – 180 с.

## Модель проникновения влаги в почву на основе гистерезисного подхода

В. С. Ножкин, E-mail: nozhkin-v@list.ru <sup>с</sup>

Ж. Б. Холмуродов, И. А. Сапожников, И. А. Синюгин

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил  
«Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и  
Ю. А. Гагарина» (г. Воронеж)

**Аннотация.** *В работе представлен подход к инфракрасной диагностики скрытых объектов в почве с учетом динамически меняющегося влагосодержания. При этом идентификация скрытых объектов строилась на основе тепловых аномалий, создаваемых скрытыми объектами.*

**Ключевые слова:** *модель, гистерезис, влагосодержание в почве, беспилотный летательный аппарат.*

### Введение

В настоящее время беспилотные летательные аппараты находят широкое применения во всех сферах человеческой деятельности, так, например, их используют при сборе информации при чрезвычайных ситуациях, обеспечении работы телекоммуникаций, проведение метеорологических измерений, экологического мониторинга, поиска глубинных объектов, а также доставки грузов и многое др. При всем при этом, обнаружение и распознавание наземных объектов является сложной задачей, но трудней найти и распознать объекты, скрытые под земной поверхностью, в частности мины, заглубленные убежища и т.д., все это связано с сложными процессами, происходящими как на земной поверхности, так и в ней. Наиболее часто применяемым методом поиска заглубленных объектов является инфракрасный способ. Он основывается на контрасте температур фона (земной поверхности) и самого заглубленного объекта [1-5].

На обнаружение объекта под землей, влияет множество факторов, одним из которых является влажность почвы. Таким образом, целью настоящей статьи является установления зависимости глубины обнаружения объекта в почве от ее увлажненности на основе экспериментальных и теоретических данных [6-9].

## 1. Постановка задачи

Рассмотрим трехмерное пространство почвы, в которую помещен скрытый объект. На температуру поверхности влияет множество факторов, таких как тип почвы, глубина залегания объекта, тепловая мощность, коэффициент излучения почвы ее влажность, а также скорость ветра. Кроме того, будем считать, что и грунт, и погребенный предмет однородны. При этом грунт считаем увлажненным, математически постановка задачи выглядит следующим образом [1]:

$$\begin{cases} \frac{\partial T}{\partial t} = \alpha(x, y, z, \theta(t)) \nabla^2 T \\ L \frac{d}{dt} \theta(t) = I(t) - D(t) - E(t) \end{cases}, \quad (1)$$

где  $T$  – температура;  $x, y, z$  – координаты пространства;  $t$  – время;  $\alpha = k / c\rho$  – температуропроводность твердого тела;  $\theta(t)$  – удельное содержание воды (при условии  $0 \leq \theta \leq 1$ );  $L$  – толщина слоя почвы;  $I(t)$  – интенсивность проникновения влаги в почву;  $D(t)$  – интенсивность дренажа под почвенный слой;  $E(t)$  – интенсивность испарения, возникающая за счет корней растений, находящихся в почвенном слое.

Начальные и граничные условия

$$T(0, x, y, z) = T_0(x, y, z); \quad \theta(0) = \theta_0; \quad T(t, x, y, z) \Big|_{\Gamma} = T_{\Gamma}(x, y, z), \quad (2)$$

В классическом законе Дарси правая часть данной модели определяется следующим выражением

$$\begin{aligned} I(t) = \min \left\{ Q(t), \frac{\psi(t)}{A} \right\}, \quad D(t) = \frac{1}{B} \left( \psi + \frac{L}{2} \right), \\ E(t) = \frac{ET(t)}{C}, \end{aligned} \quad (3)$$

где  $\psi$  – матричный потенциал;  $A, B, C$  – параметры уравнения;  $Q(t)$  – интенсивность наблюдаемых осадков;  $ET(t)$  – интенсивность испарения и транспирации;  $E(t)$  и  $\Theta$  – входные и выходные параметры оператора Прејсаха с переменным состоянием  $\eta(t)$ .

Физическое объяснение указанной модели основано на следующих предпосылках: проникновение влаги через сеть макропор происходит равномерно и занимает весь объем почвенного слоя. В момент, когда поступающие осадки больше не могут впитываться почвой, излишек уходит на поверхность слоя и таким образом, возникает

«запруживание». В данной модели вариант закона Дарси представляет почвенное осушение или дренаж, а также матричные силы, удерживающие воду [8-9].

Однако, эта модель не в полной мере описывает динамику влагосодержания, поскольку эксперименты показали наличие гистерезисной зависимости между матричным потенциалом и удельным содержанием воды. Чтобы учесть это свойство зависимость между матричным потенциалом и удельным содержанием воды моделируется с помощью оператора Прейсаха  $P$ .

Приведем краткое описание соответствующего преобразователя. Для этого рассмотрим двухпозиционное реле с пороговыми числами  $\alpha$  и  $\beta$ , ( $\alpha < \beta$ ).

Пространством состояний неидеального реле является пара чисел  $(0, 1)$ . Связь между входом  $u(t) \in C[0, T]$  и переменным выходом  $x(t) \in \{0, 1\}$  устанавливается оператором  $R[\alpha, \beta, x_0]$  [8-9]

$$x(t) = R[\alpha, \beta, x_0]u(t). \quad (4)$$

При этом начальное состояние  $x_0$ , должно удовлетворять следующим условиям: если  $u(0) \leq \alpha$ , то  $x_0 = 0$ ; если  $u(0) \geq \beta$ , то  $x_0 = 1$ ; если  $\alpha < u(0) < \beta$ , то  $x_0 = 0$  или  $x_0 = 1$ .

Описанный выше преобразователь определен на пространстве непрерывных функций, является детерминированным и статическим. Детальное описание этого преобразователя, а также его свойств приведено, например, в [8-9].

Представленная выше гистерезисная модель лежит в основе гидрологической модели, описывающей проникновение и испарение влаги в почве. Исходя из этого, второе уравнение модели (1) примет вид

$$\begin{aligned} \Theta &= f(t, y(t)) + g(t) = F(t, E(t)) \\ y(t) &= A[\eta(t)]E(t) \end{aligned}, \quad (5)$$

где  $x(t)$  и  $y(t)$  – входные и выходные параметры оператора Прейсаха с переменным состоянием  $\eta(t)$ ;  $f(t, x)$  – функция непрерывно дифференцируема по переменным  $t$  и  $x$ ;  $g(t)$  – функция непрерывно дифференцируема, кроме точек  $T = \{\tau_i\}$ , в которых определены и ограничены значения  $g(\tau_i - 0)$ ,  $g(\tau_i + 0)$ ,  $g'(\tau_i - 0)$ ,  $g'(\tau_i + 0)$ , но  $g(t)$  или  $g'(t)$  могут иметь ограниченные разрывы в  $\tau_i$ . Также следует сделать предположение о том, что любой ограниченный интервал содержит конечное число точек  $\tau_i$  [3–9]

## Заключение

В настоящей статье предложена модель метод идентификации скрытых объектов в почве средствами ИК диагностики с учетом динамически меняющегося влагосодержания земной поверхности. При этом влияние влагосодержание учитывалось параметрически в зависимости коэффициента теплопроводности от концентрации воды.

## Список литературы

1. Гасников, А. В. Введение в математическое моделирование транспортных потоков/ А. В. Гасников и др. Издание 2-е, испр. и доп. – М.: МЦНМО, 2013. – 427 с.
2. Гордин, В. А. Математика, компьютер, прогноз погоды и другие сценарии математической физики. – М.: Физматлит, 2010. – 356 с.
3. Уизем, Д. Линейные и нелинейные волны. – М.: Мир, 2013. – 238 с.
4. Zadorozhniy, V. G. Stochastic model of heat transfer in the atmospheric surface layer / V. G. Zadorozhniy, V. S. Nozhkin, M. E. Semenov, I.I. Ul'shin // Computational Mathematics and Mathematical Physics. – 2020. – vol. 60. – P. 459–471. doi.org/10.1134/S0965542520030173.
5. Zadorozhniy, V. G. A linear first-order differential equation with ordinary variational derivatives / V.G. Zadorozhniy // – Moscow: Pleiades Publishing, Ltd., April 1993. – Vol. 53. – P. 383-388.
6. Zadorozhniy, V. G. Stabilization of Linear Systems by a Multiplicative Random Noise / V. G. Zadorozhniy // Differential Equations. 2018, Vol. 54, i. 6. P. 728-747.
7. Zadorozhniy, V. G. Linear chaotic resonance in vortex motion / V. G. Zadorozhniy // Computational mathematics and mathematical physics. 2013, Vol. 53, i. 4. P. 486-502.
8. Nozhkin, V. A stochastic model of the moisture motion in the atmosphere: two-dimensional case / V. Nozhkin, M. Semenov, I. Ulshin and O. Sokolova // IEEE Xplore. International Conference on Information Technology and Nanotechnology (ITNT). – 2020. – P. 1–4. doi: 10.1109/ITNT49337.2020.9253297.
9. Nozhkin, V.S. A model of advective changes in air humidity: a stochastic approach / V.S. Nozhkin, V.G. Zadorozhniy, I.I. Ulshin and O.I. Kanishcheva // Int. J. Engineering systems modelling and simulation. – 2020. – Vol. 11. – No. 4. – P. 160–169. doi: 10.1504/IJESMS.2020.111273.

# Математические подходы к решению задачи синтеза новых конфигураций бортовой информационно-вычислительной системы

А. С. Пикалов, e-mail: snk.pik@yandex.ru

Воронежский государственный университет

**Аннотация.** В настоящей работе предлагаются принципы построения перспективной бортовой информационно-вычислительной сети с интеллектуальным управлением. Рассмотрены основные математические подходы к решению задачи синтеза новых конфигураций бортовой информационно-вычислительной системы. Предложенные принципы позволяют значительно повысить надежность и отказоустойчивость комплекса бортового оборудования, что в свою очередь оказывает положительное влияние на безопасность полета в целом.

**Ключевые слова:** Архитектура распределённой информационной вычислительной сети, полностью оптическая сеть, динамическая реконфигурация, экспертная система, система поддержки принятия решения, нейроконтроллер, WDM-сеть, система на кристалле.

## Введение

Рассмотрим математические подходы к решению задачи синтеза новых конфигураций БИВС. При этом, под новыми понимаются конфигурации, отсутствующие изначально в СБЗИП, но структура и состав которых базируются на всех возможных неполных решениях. Для решения задачи синтеза используется информация из пространства архитектур СБЗИП. В силу того, что конфигурации БИВС в пространстве архитектур формализуются с помощью СФГ (1), в качестве математических методов синтеза новых конфигураций целесообразно использовать методы дискретной оптимизации и теории графов.

## 1. Разработка математической модели

Для Задачи дискретной оптимизации имеют конечное множество допустимых решений, которые теоретически можно перебрать и выбрать наилучшее (дающее минимум или максимум целевой функции). Практически же зачастую это бывает неосуществимо даже для задач небольшой размерности. В методах неявного перебора делается

попытка так организовать перебор, используя свойства рассматриваемой задачи, чтобы отбросить часть допустимых решений. Наибольшее распространение среди схем неявного перебора получил метод ветвей и границ, в основе которого лежит идея последовательного разбиения множества допустимых решений. На каждом шаге метода элементы разбиения (подмножества) подвергаются анализу – содержит ли данное подмножество оптимальное решение или нет. Если рассматривается задача на минимум, то проверка осуществляется путем сравнения нижней оценки значения целевой функции на данном подмножестве с верхней оценкой функционала. В качестве оценки сверху используется значение целевой функции на некотором допустимом решении. Допустимое решение, дающее наименьшую верхнюю оценку, называют рекордом. Если оценка снизу целевой функции на данном подмножестве не меньше оценки сверху, то рассматриваемое подмножество не содержит решения лучше рекорда и может быть отброшено. Если значение целевой функции на очередном решении меньше рекордного, то происходит смена рекорда. Будем говорить, что подмножество решений просмотрено, если установлено, что оно не содержит решения лучше рекорда. Если просмотрены все элементы разбиения, алгоритм завершает работу, а текущий рекорд является оптимальным решением. В противном случае среди непросмотренных элементов разбиения выбирается множество, являющееся в определенном смысле перспективным. Оно подвергается разбиению (ветвлению). Новые подмножества анализируются по описанной выше схеме. Процесс продолжается до тех пор, пока не будут просмотрены все элементы разбиения.

Очевидно, что задачу синтеза новой конфигурации на основе имеющегося ограниченного набора можно разделить на два этапа:

Построение последовательности (очереди) конфигураций из имеющихся в СБЗИП в таком порядке, который бы обеспечил оптимизацию поиска решения (синтеза);

Модификация выбранной на данной итерации конфигурации, приводящая к синтезу «новой» конфигурации, являющейся решением возникшей проблемы (отказа).

Таким образом, первый этап синтеза аналогичен с математической точки зрения поиску решения задачи коммивояжера. Второй этап, в свою очередь, аналогичен решению задачи поиска минимального остовного дерева. В соответствие с этой особенностью, в качестве математического подхода на первом этапе синтеза используем метод ветвей и границ, а на втором этапе – метод Краскала. Рассмотрим эти методы подробнее.



Метод ветвей и границ. Задан полный ориентированный граф  $(V, E)$  с множеством вершин  $V = \{1, \dots, n\}$  и множеством дуг  $E$ . Каждой дуге  $(i, j) \in E$  приписана длина  $C_{ij} \geq +\infty$ . В общем случае задача коммивояжера формулируется на произвольном графе, поэтому длины некоторых (в частности, не существующих) ребер могут быть сколь угодно большими. Так, считаем, что  $C_{ij} = +\infty$

Требуется найти гамильтонов контур минимальной длины. Обозначим:

- $v$  – простой путь из  $i_1$  в  $i_p$ ;
- $f(i_1, \dots, i_n)$  – длина контура  $\{i_1, \dots, i_n, i_1\}$ .

Будем считать, что  $i_1 = 1$ .

Подмножества допустимых решений зададим парой множеств  $(I, J)$ , где

-  $I = \{i_1, \dots, i_p\}$  – частичный маршрут (последовательность посещения первых  $p$  городов);

-  $J = \{j_1, \dots, j_q\} \subset V \setminus I$  – совокупность запретов на переходы из последнего города  $i_p$  частичного маршрута  $I$ .

В случае  $p = n - 1$  имеем  $q = 0$  и пара  $(I, J)$  задает одноэлементное множество.

Для случая  $p < n - 1$  определим функцию ветвления, которая разбивает множество контуров  $(I, J)$  на два подмножества. Первое подмножество включает в себя контуры, в которых коммивояжер из конечного пункта частичного маршрута переезжает в некоторый фиксированный город, а второе – все контуры, в которых этот переезд запрещен.

Для представления множеств разбиения выберем в  $V' = V \setminus (I \cup J)$  некоторый элемент  $i$ . Если кроме элемента  $i$  в  $V'$  есть только один элемент  $k$ , то искомые множества  $(I = \{i_1, \dots, i_p, i\}, J = \emptyset)$  и  $(I = \{i_1, \dots, i_p, k\}, J = \emptyset)$ . В противном случае первое множество –  $(I = \{i_1, \dots, i_p, i\}, J = \emptyset)$ , а второе –  $(I = \{i_1, \dots, i_p\}, J = \{i_1, \dots, i_p, j\})$ .

Опишем один из способов вычисления нижней границы  $H(I, J)$  для подмножества  $(I, J)$ . Будем считать, что  $i_2 = 2, \dots, i_p = p < n$ . Рассмотрим матрицу  $\|C'_{i,j}\|, i, j = 1, \dots, n$  в которой  $\|C'_{i,j}\| = +\infty, i = 1, \dots, n, j \in I$  и  $C'_{i,j} = +\infty, j \in \{1, \dots, p-1\} \cup J$ , а все остальные элементы  $C'_{i,j} = C_{i,j}$ . Эти изменения в матрице расстояний сделаны для того, чтобы запрещенным маршрутам соответствовали бесконечные длины дуг.

Введем величины

$$\alpha_i = \min C'_{i,j}, i = p, \dots, n$$

$$\beta_k = \min \{C'_{ik} - \alpha_i, k = 1, p+1, \dots, n\}$$

и определим нижнюю границу

$$H(I, J) = \sum_{i=1}^{p-1} C_{i,i+1} + \sum_{i=p}^n \alpha_i + \sum_{i=p+1}^{n+1} \beta_i \quad (1)$$

---

**Algorithm 1:** Dynamic Approach for TSP

---

**Data:**  $s$ : starting point;  $N$ : a subset of input cities;  $dist()$ : distance among the cities

**Result:**  $Cost$ : TSP result

$Visited[N] = 0$ ;

$Cost = 0$ ;

**Procedure** TSP( $N, s$ )

$Visited[s] = 1$ ;

**if**  $|N| = 2$  and  $k \neq s$  **then**

$Cost(N, k) = dist(s, k)$ ;

**Return**  $Cost$ ;

**else**

**for**  $j \in N$  **do**

**for**  $i \in N$  and  $visited[i] = 0$  **do**

**if**  $j \neq i$  and  $j \neq s$  **then**

$Cost(N, j) = \min ( TSP(N - \{i, j\}) + dist(j, i)$

$Visited[j] = 1$ ;

**end**

**end**

**end**

**end**

**Return**  $Cost$ ;

**end**

---

Рис. 1. Метод динамического программирования

В этом алгоритме мы берем подмножество требуемых вершин графа, которые необходимо охватить, расстояние между вершинами и начальная вершина в качестве входных данных. Каждая вершина идентифицируется уникальным идентификатором вершины, например  $\{1, 2, 3, \dots, n\}$ .

Изначально все вершины свободны (не охвачены), и охват начинается с вершины  $S$ . Предположим, что первоначальное расстояние до вершины равно 0. Затем значение расстояния TSP вычисляется на основе рекурсивной функции. Если количество вершин в подмножестве равно двум, то рекурсивная функция возвращает их расстояние в качестве базового случая.

С другой стороны, если количество вершин больше 2, то мы рассчитаем расстояние от текущей вершины до ближайшей вершины, а минимальное расстояние между оставшимися вершинами вычислим рекурсивно.

Наконец, алгоритм возвращает минимальное расстояние в качестве решения. Здесь мы используем динамический подход для расчета функции стоимости  $Cost()$ . Используя рекурсивные вызовы, мы вычисляем функцию стоимости для каждого подмножества исходной задачи.

В методе Краскала весь единый список ребер упорядочивается по неубыванию весов ребра. Далее ребра перебираются от ребер с меньшим весом к большему, и очередное ребро добавляется к каркасу, если оно не образует цикла с ранее выбранными ребрами. В частности, первым всегда выбирается одно из ребер минимального веса в графе.

Для проверки того, что выбранные ребра не образуют цикл, будем представлять граф, как объединение нескольких компонент связности. В самом начале, когда ни одно ребро графа не выбрано, каждая вершина является отдельной компонентой связности. По мере добавления новых ребер компоненты связности будут объединяться, пока не получится одна общая компонента связности. Пронумеруем все компоненты связности и для каждой вершины будем хранить номер ее компоненты связности, таким образом, в самом начале для каждой вершины номер ее компоненты связности будет равен номеру самой вершины, а в конце у всех вершин будут одинаковые номера компоненты связности, которой они принадлежат.

При рассмотрении очередного ребра посмотрим номера компонент связности, соответствующих концам этого ребра. Если эти номера совпадают, то ребро соединяет две вершины, уже лежащие в одной компоненте связности, поэтому добавление этого ребра образует цикл. Если же ребро соединяет две разные компоненты связности, например, с номерами  $a$  и  $b$ , то ребро добавляется к части основного дерева, а эти две компоненты связности объединяются вместе. Для этого можно, например, всем вершинам, которые раньше находились в компоненте  $b$  изменить номер компоненты на  $a$ .

Также, для поиска решения на первом этапе синтеза (решения задачи коммивояжера), в случае использования аппаратного ускорителя (нейросетевого сопроцессора) может применяться нейросетевой подход, заключающийся в решении оптимизационной задачи с помощью рекуррентной искусственной нейронной сети.

## 2. Разработка алгоритма динамического синтеза новых конфигураций

На базе разработанных математических подходов разработан алгоритм, реализующий динамический синтез новых конфигураций БИВС при возникновении нештатных ситуаций. Для повышения гибкости процесса динамической реконфигурации БИВС введем на прикладном уровне дополнительный функциональный элемент (функциональную задачу в терминах ОСРВ JetOS) – ретранслятор оптических каналов (РОК). В этом случае СФГ произвольной конфигурации из пространства архитектур СБЗИП будет иметь следующий вид (на примере трех ВМ):

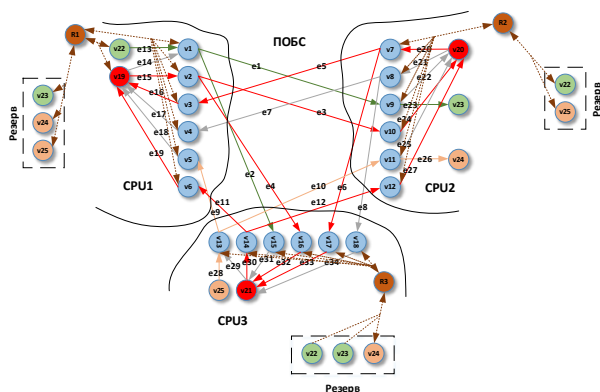


Рис. 2. СФГ конфигурации с РОК

Ра рис. 2 показан СФГ одной из возможных конфигураций БИВС, состоящей из 3-х ВМ (CPU), 36-ти функциональных задач (v), связанных между собой внутри ВМ посредством разделяемой памяти, а между ВМ посредством оптических каналов ПОБС. При этом, задачи v 1- v 18 отвечают за связь ВМ с ПОБС (через СОУ), задачи { v 19, v 20, v 21} являются задачами диагностики БИВС, задачи { v 22, v 23, v 24, v 25} являются задачами общего назначения, а задачи {R1,R2,R3} – это задачи РОК. При этом, каждый ВМ имеет горячий резерв, состоящий из набора копий задач общего назначения. Как видно из рисунка, РОК

являются связующим звеном между всеми элементами прикладного уровня БИВС.

Первый этап синтеза новой конфигурации иллюстрирует рис. 3.

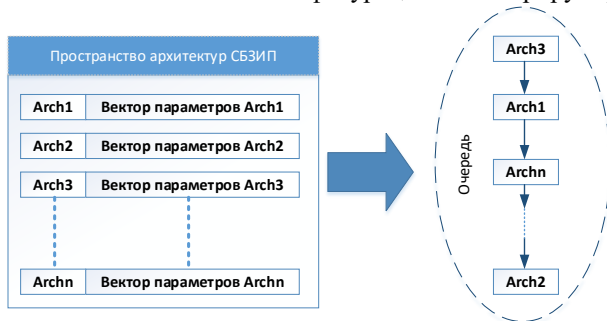


Рис. 3. Первый этап синтеза – упорядочение (создание очереди)

На данном этапе формируется полностью связанный граф всех конфигураций, хранящихся в СБЗИП. При этом, вершинами изображаются конфигурации БИВС, а гранями их векторы параметров. Величина связи (границы) определяется как функционал вектора параметров, вида

$$F = \sqrt{k_1 K_a^2 + k_2 K_e^2 + k_3 K_r^2 + k_4 K_p^2 + k_5 K_\sigma^2 + k_6 N_{fch}^2}, \quad (2)$$

Коэффициенты  $k_1 - k_6$  выбираются пользователем (первичная настройка) и позволяют скорректировать направление поиска (синтеза) новой конфигурации в ту или иную сторону приоритетности ее параметров.

Второй этап синтеза можно проиллюстрировать следующим образом:

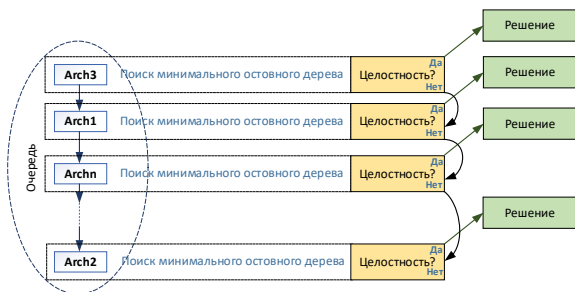


Рис. 4. Второй этап синтеза – поиск/модификация

### **Заключение**

На данном этапе синтеза производится последовательный поиск минимального основного дерева в графе каждой конфигурации методом Краскала в очередности, сформированной на первом этапе. При это, в процессе поиска участвуют задачи типа РОК, позволяющие найти/достроить недостающие связи в обрабатываемой конфигурации. Первое найденное решение, представляющее собой целостную (восстановленную за счет РОК) конфигурацию останавливает процесс синтеза и передает необходимые параметры в органы управления ЕИС, а также пилоту в виде рекомендаций.

### **Список литературы**

1. Уколов И.С. Проблемы интеграции комплекса управления ЛА на базе БЦВС / И.С. Уколов // Вопросы кибернетики. Система и методы управления движущимися объектами. М., 1984.

## Моделирование работы индикатора грозовых разрядов

В. В. Попов, email: copybook05@yandex.ru<sup>1</sup>

А.А. Уткин<sup>2</sup>

М. С. Гордеев<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ВУНЦ ВВС «ВВА имени проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»  
(г. Воронеж)

<sup>2</sup> ООО «ЛОМО МЕТЕО»

**Аннотация.** В статье рассматривается процесс моделирования работы индикатора грозовых разрядов в сложных атмосферных условиях. Предложены усовершенствованные алгоритмы активной фильтрации составляющих анализируемых сигналов.

**Ключевые слова:** индикатор грозовых разрядов, структурная схема, алгоритмы фильтрации, имитация сигналов.

### Введение

В статье рассматриваются однопунктовые пассивные грозопеленгаторы, которые анализируют электромагнитные возмущения с целью определения местоположения и удаления молниевых разрядов (МР). Такие грозопеленгаторы имеют одинаковое устройство и главное их отличие заключается в алгоритмах фильтрации и интерпретации зафиксированных сигналов [1-2].

Разрабатываемый в рамках модернизации аэродромного метеорологического радиотелеметрического информационно-измерительного комплекса индикатор ГДА-2 относится к индикаторам пассивного типа. Принцип работы измерителя заключается в идентификации электромагнитных импульсов и измерении на временном интервале интенсивности отраженного сигнала [3-4]. Полученный таким образом профиль обратного рассеивания анализируется микроконтроллером для получения информации об азимуте и удалении молниевых разряда.

### 1. Структурная схема индикатора

Структурная схема индикатора ГДА-2 представлена на рис. 1. Для обеспечения унификации с другими составными частями метеорологического измерительного комплекса в качестве блока питания ГДА-2 будет выступать блок питания (БП универсальный).

Реализация данной структурной схемы направлена на решение следующих вопросов:

повысить чувствительность антенн в требуемом спектре частот с целью расширения возможностей для дальнейшей программной обработки сигналов;

усовершенствовать алгоритмы фильтрации паразитных составляющих анализируемых сигналов, в том числе, изучить техническую возможность внедрения функции «обучения» грозопеленгатора, когда оператор отмечает ложные срабатывания с целью предотвращения ложных срабатываний в последующем;

усовершенствовать функции встроенного контроля функционирования, в частности введение встроенного имитатора МР и индикации уровня паразитных шумов, что позволит на месте оперативно оценить качество заземления и/или «удачность» выбранного места установки грозопеленгатора;

предусмотреть алгоритм и конструкторское решение для удобной (точной) ориентации грозопеленгатора на север, например, система ориентации на тень, отбрасываемую стойкой грозопеленгатора в истинный полдень.

На основании опыта производства и эксплуатации индикаторов грозовых разрядов определены следующие направления модернизации:

- улучшение технических характеристик;
- повышение устойчивости к бытовым помехам;
- повышение степени унификации элементной базы с другими СЧ модернизируемого комплекса;
- совершенствование технологического процесса настройки и калибровки, разработка технологического оборудования, в частности имитатора МР.

В ходе работы рассмотрена возможность оснащения метеорологического измерительного комплекса модулем ГЛОНАСС, который предложено встроить в ГДА-2 и реализовать техническое решение на этапе предварительных испытаний. ГДА-2 наилучшим образом подходит для установки модуля ГЛОНАСС и в частности обеспечит получение точного времени (UTC) и данных о местоположении ГДА-2, что в перспективе может быть полезным при создании многопунктовой грозопеленгационной сети.

Кроме того, необходимо проработать вопросы разработки методики и проведения исследований разрабатываемого грозопеленгатора с целью количественной оценки эффективности обнаружения МР.





Рис. 1. Структурная схема ГДА-2



Рис. 2. Внешний вид ГДА-2

## 2. Реализация усовершенствованных алгоритмов обработки сигнала обратного рассеивания

Для достижения поставленных целей, в ходе моделирования работы индикатора ГДА-2, предполагается:

скорректировать чувствительность группы антенн регистрации магнитной составляющей. В то время, как в сторонних пеленгаторах используются антенны с магнитной составляющей на базе ферромагнетиков, характеризующиеся высокой чувствительностью, в ГДА-2, принимая во внимание его целевой диапазон измерений, были использованы рамочные антенны. Преимуществом рамочных антенн является высокая технологическая повторяемость, временная и температурная стабильность, что очень важно в условиях повышенных требований в части дискретизации по направлению на МР. В связи с этим, концепция рамочных антенн для регистрации магнитной составляющей МР сохраняется, однако задача повышения чувствительности требует пересчета характеристик обмотки. Антенны с электрической составляющей остаются без изменений, а их чувствительность корректируется за счет усилительного тракта.

объединить каналы усиления сигналов магнитных антенн, отвечающих за определение направления на МР, в двухканальный инструментальный усилитель собственной разработки, обеспечивающий активную фильтрацию сигналов. Разработка нового усилителя позволит повысить точность определения направления на МР, а также повысить временную и температурную стабильность.

Расчетные характеристики активного фильтра представлены на рис. 3.

Внедрение активной фильтрации позволит разгрузить мощности вычислительного блока и более эффективно использовать их для фильтрации промышленных помех, а также позволит улучшить качество обработки сложных событий.

Модуль вычислителя будет построен на базе высокопроизводительного микроконтроллера. Использование нового микроконтроллера позволит улучшить технические показатели изделия. Проведенное моделирование показало, что новый блок вычислителя позволит осуществлять непрерывную параллельную оцифровку сигналов по 3-ем каналам со скоростью 1,6 Мб/сек., одновременно осуществляя программную фильтрацию и детектирование признаков МР. За счет возросших вычислительных мощностей, детектирование предполагается осуществлять не только по электрической составляющей, но и по магнитной. После обнаружения признаков МР, блок вычислителя формирует кадр и сохраняет его в памяти для полноценного анализа. Данный подход позволит устойчиво решать задачи анализа сложных сигналов, наблюдаемых в ходе цепной реакции разрядки зарядов, накопленных в соседних облаках. Пример такого

сигнала показан на рис. 4, а результат его разбиения на конкретные события на рис. 5.

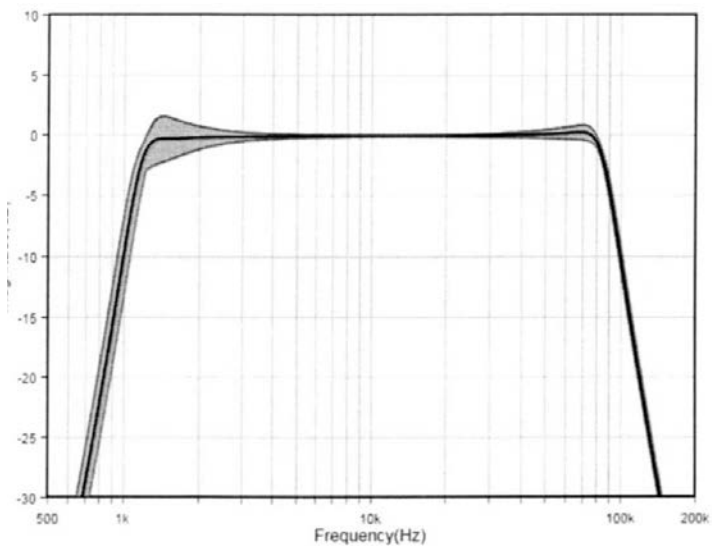


Рис. 3. Расчетная характеристика спроектированного активного фильтра

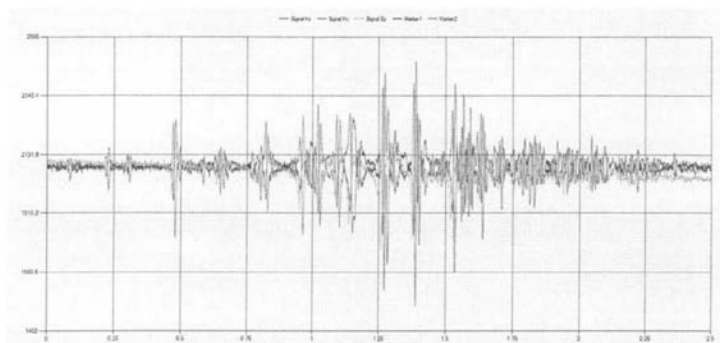


Рис. 4. Результат комплексного захвата сложного атмосферного события

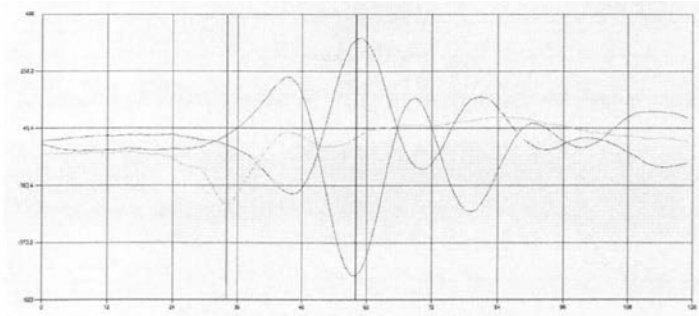


Рис. 5. Анализ одного из сегментов события

### 3. Результаты имитационного моделирования работы однопунктовых грозопеленгаторов

Важнейшим направлением совершенствования технологии производства однопунктовых грозопеленгаторов является создание средств имитации сигналов МР. Результаты макетирования показали, что на основе, разрабатываемой в рамках модернизации средств измерений параметров атмосферы схемы возбуждения ультразвуковых головок и группы антенн на ферромагнетиках может быть создано достаточно эффективное средство имитации. Сигнал, сформированный прототипом схемы имитатора МР и регистрируемый прототипом ГДА-2 представлен на рис. 6.

Формируемые сигналы по своим характеристикам близки к сигналам от одиночного МР, а возможность изменения параметров имитируемого сигнала позволит внести в создаваемый сигнал информацию о дальности до МР. Разработка конструкции антенного комплекса имитатора, которая обеспечит вращение передающей антенны на фиксированный угол относительно испытуемого индикатора, позволят имитировать сигналы с разных направлений.

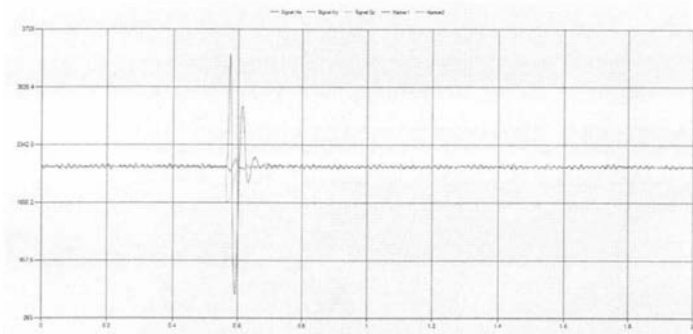


Рис. 6. Результаты апробации прототипа имитатора МР

## **Заключение**

Этап модельных исследований индикатора ГДА-2 показал, что в первую очередь для удовлетворения возрастающих требований к изделию стоят задачи по улучшению метрологических и эксплуатационных характеристик, увеличению надежности и технологичности производства с учетом существующей политико-экономической ситуации, и задач снижения зависимости от компонентов импортного производства.

Важной задачей является усовершенствование алгоритмов активной фильтрации, решение которой позволит устойчиво осуществлять анализ сложных сигналов, наблюдаемых в ходе цепной реакции разрядки зарядов, накопленных в соседних облаках.

Решение данной задачи в ходе модельных экспериментов с усовершенствованными программными алгоритмами обработки сигнала активной фильтрации позволило:

- повысить качество измерений, в том числе достоверно различать отдельные МР;
- детектировать и обрабатывать процесс индикации, когда сигнал обратного рассеивания показывает наличие зарядов, накопленных в соседних облаках;
- детектировать слабые сигналы обратного рассеивания с целью обнаружения и определения дальности до МР.

## **Список литературы**

1. Аэродромный метеорологический радиотелеметрический информационно-измерительный комплекс (АМРИИК): Руководство по эксплуатации ИКШЮ (ИКШЮ. 416318.001 РЭ). - СПб.: ЛОМО-МЕТЕО, -2016. -56 с.
2. Руководящий документ. РД 52.18.761-2012 Средства измерений гидрометеорологического назначения сетевые. Общие технические требования. -Обнинск. ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД». -2012. - 137 с.
3. Комиссия по приборам и методам наблюдений. Шестнадцатая сессия. Санкт-Петербург. 10-16 июля 2014 г. Сокращенный окончательный отчет с резолюциями и рекомендациями, ВМО-№ 1138. - 97 с.
4. Руководство по системам метеорологических наблюдений и распространения информации для метеорологического обслуживания авиации. ВМО-№ 731, Издание 2014 г.-56 с.

## Применение эллиптических кривых высших порядков для защиты информации

Е. А. Попова, email: elena.popova2001@yandex.ru,

А. В. Яковлев, email: yava73@bk.ru,

И. К. Королькова, email: irishka-korolkova@mail.ru

ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»

**Аннотация.** *Реализация схемы обмена ключами с использованием кубической кривой для обеспечения необходимого уровня криптостойкости при меньших длинах ключа.*

**Ключевые слова:** *криптография, эллиптические кривые высшего порядка, криптостойкость.*

### Введение

В большинстве современных продуктов и стандартов криптографии применяются методы с открытым ключом, основанные на проблеме факторизации больших чисел (RSA) и дискретного логарифмирования (Эль-Гамаль). Однако для их надежной защищенности число битов ключа в последние годы резко возросло, что обусловило рост нагрузки на вычислительные системы. Для удобства использования, программная и аппаратная реализация криптографических методов должны, в первую очередь, обеспечивать достаточный уровень криптографической стойкости и при этом высокую скорость преобразований. Стойкость криптографических преобразований напрямую зависит от размеров значений параметров криптосистемы, главным среди которых является длина секретного ключа. Поэтому развитие математической базы алгоритмов двухключевой криптографии направлено, главным образом, на поиск компромисса между показателями «скорость-стойкость» [1].

Для улучшения свойств криптографических алгоритмов начали применяться эллиптические кривые высших порядков. Поэтому в данной работе рассматривается возможность расширения использования эллиптических кривых высших порядков в криптографических протоколах, с целью обеспечения надежной защиты при меньших длинах ключа.

## 1. Криптографические методы защиты информации

Надлежащий уровень защиты данных, передаваемых через открытые каналы связи, может быть обеспечен с помощью криптографических методов. Криптографические методы защиты позволяют решать следующие задачи:

- закрытие данных, хранимых в АС или передаваемых по каналам связи;
- контроль целостности и аутентичности данных, передаваемых по каналам связи.

Основным достоинством криптографических методов защиты информации является то, что они обеспечивают гарантированную стойкость защиты, которую можно рассчитать и выразить в числовой форме (средним числом операций или количеством времени, необходимого для раскрытия зашифрованной информации или вычисления ключей) [2].

В связи с большой протяженностью каналов связи, невозможно обеспечить их полную физическую защиту от попыток снятия информации. Криптографические методы направлены на защиту передаваемых через эти каналы данных, что делает раскрытие конфиденциальной информации затруднительным процессом. Конфиденциальность и целостность данных, передаваемых по локальной сети или через Интернет, обеспечивается при помощи как симметричных (с секретным ключом), так и асимметричных алгоритмов (с открытым ключом).

Наиболее известный и широко распространенный протокол открытого распределения ключей был разработан У. Диффи и М. Хеллманом в 1976 г. Протокол позволяет двум пользователям обмениваться частным ключом по уязвимым каналам, не имея никаких предварительных договоренностей. Безопасность протокола Диффи-Хеллмана основана на трудности вычисления дискретного логарифма в конечном поле [3].

Наиболее известные криптосистемы с открытым ключом:

- криптосистема RSA (шифрование и электронная подпись);
- криптосистема Эль-Гамала – EGCS (El Gamal Cryptosystem) (трудность вычисления дискретных логарифмов в конечном поле в сравнении с лёгкостью возведения в степень в том же самом поле);
- криптосистема, основанная на свойствах эллиптических кривых – ECCS (Elliptic Curve Cryptosystems) (преимущества применения в беспроводных коммуникациях – высокое быстродействие и небольшая длина ключа);

– активно исследуются вопросы реализации криптопреобразований на эллиптических кривых высших порядков.

Криптосистемы на основе эллиптических кривых высших порядков. Программная реализация современных стандартов электронной подписи, основанных на арифметике в группах точек эллиптических кривых над конечными полями, для обеспечения достаточной стойкости требует подключения специализированных библиотек длинных чисел. Их использование связано с дополнительными накладными расходами на поддержку внутренних механизмов представления и обработки длинных чисел в форматах библиотек длинной арифметики.

Возможность уйти от этой проблемы обеспечивается использованием кривых более высокого порядка. Точки таких эллиптических кривых не образуют группу, однако в качестве групповой структуры используется якобиан кривой – факторгруппа дивизоров нулевой степени по подгруппе главных дивизоров [4].

Таким образом, особенность криптопреобразований на эллиптических кривых высших порядков состоит в том, что для достижения достаточного уровня стойкости можно определить кривую над конечным полем с элементами меньшего размера, что делает их возможной альтернативой криптопреобразованиям на эллиптических кривых [5].

## **2. Применение кубических кривых в криптографических протоколах**

В общем случае кубические уравнения для эллиптических кривых имеют вид:

$$y^2 + axy + by = x^3 + cx^2 + dx + e,$$

где  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$  и  $e$  являются действительными числами, удовлетворяющими некоторым простым условиям. Определение эллиптической кривой включает также некий элемент, обозначаемый  $O$  и называемый «несобственным элементом» («бесконечным элементом», «нулевым элементом», «точкой в бесконечности»). Такие уравнения называются кубическими, или уравнениями эллиптических кривых третьего порядка, поскольку в них наивысший показатель степени равен 3.

Изобразив эту кубическую кривую в пространстве (рис. 1), получим в любом сечении эллиптическую кривую. То есть внедрение кубической кривой в криптографические протоколы позволяет выбирать эллиптическую кривую из множества возможных, используя параметр  $Z$  как уровень для выбора секущей плоскости.



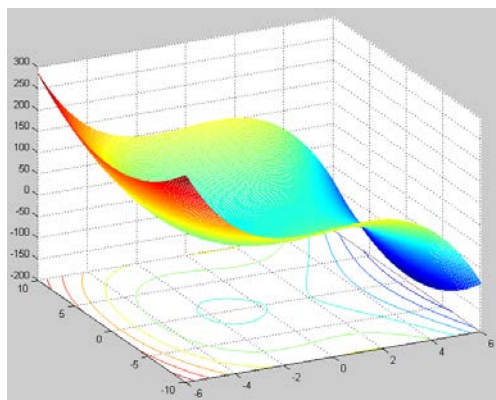


Рис. 1. Графическое представление кубической кривой в пространстве

В случае криптографии с использованием кубических кривых приходится иметь дело с редуцированной формой кривой, которая определяется над конечным полем. Кубическая кривая над конечным полем задаётся уравнением  $y^2 = x^3 + ax + b$ .

Для обеспечения надежной защиты кубическую кривую предлагается использовать как секретный параметр протокола, известный только его разработчикам.

Параметр  $Z$ , обозначающий уровень секущей плоскости, открытый, известный всем участникам. Разработчики могут также установить ограничения на его выбор. Таким образом, задавая конкретное значение уровня секущей плоскости, пользователи получают эллиптическую кривую, с помощью которой будут производить дальнейшие вычисления.

Добавление подобного действия в криптографические протоколы увеличивает количество используемых в нем эллиптических кривых, увеличивается количество точек и число возможных вариантов выбора, а, следовательно, возрастает и криптостойкость системы.

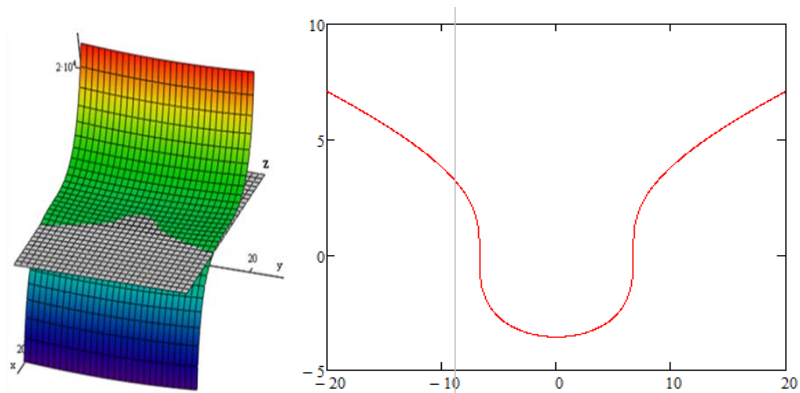
Схема обмена ключами Диффи-Хеллмана, при добавлении в нее кубической кривой в пространстве и уровня секущей плоскости  $Z$  будет выглядеть так: предположим, что в протокол вшита кубическая кривая  $y^2 = x^3 + ax + b$ , тогда алгоритм в этом случае будет выглядеть следующим образом:

1. Выбирается уровень  $Z$ , открытый параметр.

2. Вычисляется эллиптическая кривая  $y^2 = x^3 + ax + b + Z$ .

3. На получившейся эллиптической кривой выбирается генерирующая точка  $G$ , такая что, при  $n$ -кратном сложении точки  $G$ , где  $n$  очень большое простое число, получается  $O$  – точка на бесконечности.

На рис. 2 показано графическое представление кубической кривой в пространстве, секущей плоскости  $Z$  и получаемая при этом эллиптическая кривая на плоскости.



слева – эллиптическая кривая на плоскости, справа – кубическая кривая и секущая плоскость в пространстве

Рис. 1. Графическое представление

Рис. 2. Кубическая кривая и секущая плоскость в пространстве (справа), эллиптическая кривая на плоскости (слева)

Абонент  $A$ :

1. Выбирает целое число  $n_A$ , меньшее  $n$ . Это число будет личным ключом участника  $A$ . Затем участник  $A$  генерирует открытый ключ  $P_A = n_A G$ . Открытый ключ представляет собой некоторую точку из группы точек на эллиптической кривой. Для вычисления  $P_A = n_A G$  пользуются правилом сложения точек эллиптической кривой:

$$P = (x_1, y_1); Q = (x_2, y_2)$$

$$x_3 = \lambda^2 - x_1 - x_2;$$

$$y_3 = \lambda(x_1 - x_3) - y_1;$$

где  $\lambda = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$ , если  $P \neq Q$  или  $\lambda = \frac{(3x + a)}{2y}$ , если  $P = Q$ .

2. Полученный открытый ключ  $P_A$  отправляется абоненту В.

Абонент В:

1. Выбирает целое число  $n_B$ , меньшее  $p$ . Это число будет личным ключом участника В. Затем участник В генерирует открытый ключ  $P_B = n_B G$ . Открытый ключ представляет собой некоторую точку из группы точек на эллиптической кривой.

2. Полученный открытый ключ  $P_B$  отправляется абоненту А.

3. Абонент А вычисляет  $K_A = n_A P_B$ , абонент В  $K_B = n_B P_A$ .

4. Два последних выражения дают один и тот же результат, поскольку:

$$n_A P_B = n_A (n_B G) = n_B (n_A G) = n_B P_A.$$

Структурная схема алгоритма Диффи-Хеллмана с использованием кубической кривой изображена на рис. 3.

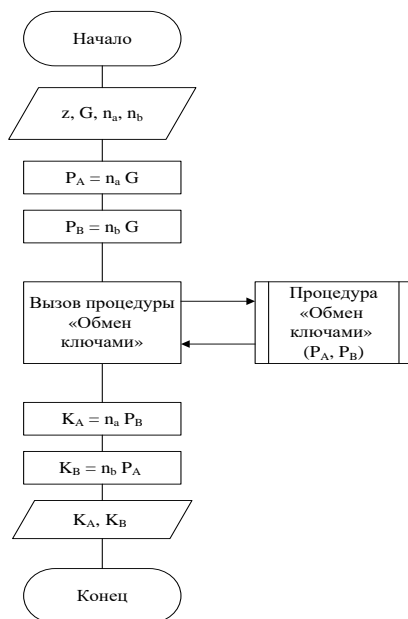


Рис. 3. Структурная схема алгоритма Диффи-Хеллмана с использованием кубической кривой

### 3. Реализация схемы обмена ключами с использованием кубической кривой

Приложение «Эллиптические кривые 1.1» разработано специально для работы с эллиптическими кривыми. Внешний вид приложения представлен на рис. 4.

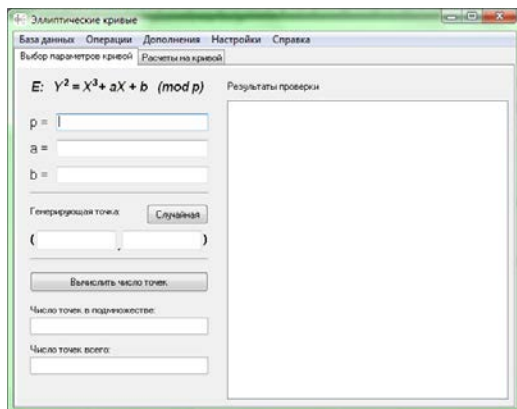


Рис. 4. Внешний вид приложения «Эллиптические кривые 1.1»

Оно позволяет работать с эллиптическими кривыми, как из собственной БД, так и введенными вручную. Позволяет случайным образом выбирать генерирующую точку, либо проверять, принадлежит ли заданная вручную точка эллиптической кривой и многое другое.

Выбор кривой из БД происходит следующим образом:

1. Взять эллиптическую кривую из БД.
2. Выбрать значение  $p$ .
3. Выделить в предлагаемом списке строку и нажать «Выбрать».

После выбора эллиптической кривой, ее числовые параметры будут отражены в левой части главного окна, а результаты проверки выполнения условий в правой.

Возможно задание параметров эллиптической кривой вручную, а также возможно случайным образом выбрать генерирующую точку или проверить, принадлежит ли заданная точка эллиптической кривой.

Еще одной функциональной возможностью данного приложения является возможность подсчета числа точек в подмножестве и общего числа точек.

Помимо всего, данное приложение позволяет проиллюстрировать работу алгоритма шифрования Эль-Гамала (рис. 5) и работу алгоритма генерации и проверки ЭП (рис. 6).

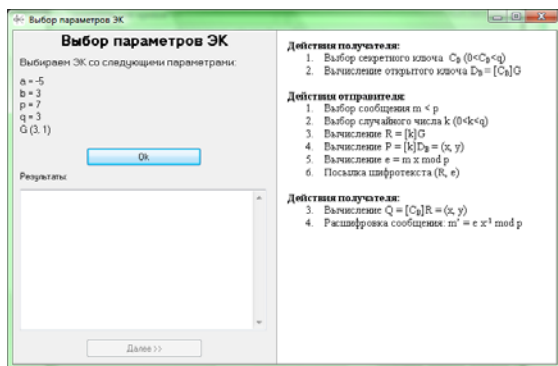


Рис. 5. Окно алгоритма шифрования Эль-Гамала

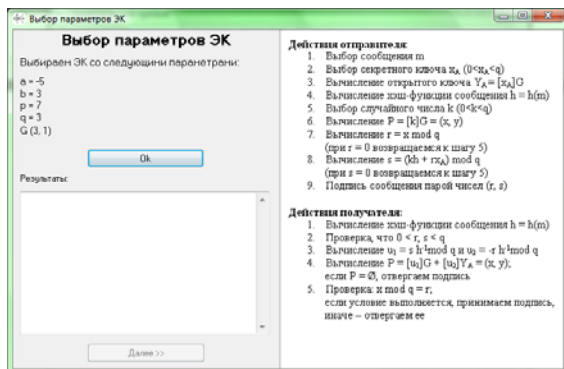
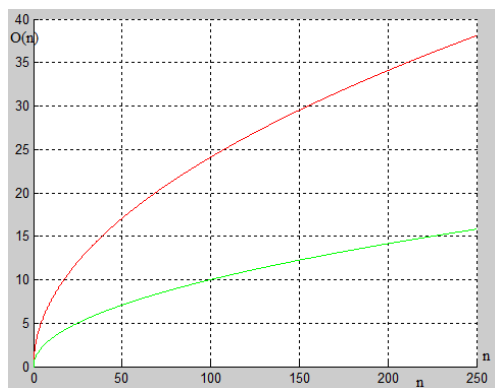


Рис. 6. Окно алгоритма генерации и проверки ЭП

Так как в ПО применяются эллиптические кривые высших порядков, то стоит также отметить их значимость перед эллиптическими кривыми второго порядка.

Значимость будет демонстрироваться из сравнения сложности разных порядков эллиптических кривых. Для второго порядка сложность составляет  $O(\sqrt{n})$  – алгоритм Шанкса, а для высшего порядка –  $O\left(\ln^2(n)\left(\sqrt{\frac{\pi n}{2}}\right)\right)$  – алгоритм Ховитца-Венкатесана.

Для определения изменения сложности при внедрении в криптосистемы эллиптических кривых высших порядков на рис. 7 изображены графики сложностей для алгоритмов на эллиптических кривых второго порядка и высших порядков.



*Рис. 7.* Сравнение сложностей алгоритмов на эллиптических кривых второго порядка (нижний график) и на эллиптических кривых высших порядков (верхний график)

Видно, что при одинаковых объемах входных данных, сложность алгоритмов на эллиптических кривых второго порядка меньше сложности алгоритмов на эллиптических кривых высших порядков, из чего можно сделать вывод, что криптосистемы на эллиптических кривых высших порядков обладают большей криптостойкостью, нежели криптосистемы на эллиптических кривых второго порядка.

### **Заключение**

В статье рассмотрены криптографические методы защиты информации, применение кубических кривых в криптографических протоколах, а также представлено ПО, которое облегчает работу с эллиптическими кривыми, выполняет множество различных операций над точками эллиптической кривой, а также иллюстрирует процесс шифрования, генерации и проверки ЭП на основе схемы Эль-Гамала с использованием эллиптических кривых.

Таким образом, асимметричные криптосистемы требуют использования более длинных ключей, нежели симметричные, для обеспечения того же уровня криптостойкости, а использование эллиптических кривых высших порядков позволяет обеспечивать необходимый уровень криптостойкости при меньших длинах ключа.

### **Список литературы**

1. Тилборг, ван Х.К.А. Основы криптологии: учебное пособие/ Х.К.А. ван Тилборг. – М.: Мир, 2006. – 471 с.

2. ГОСТ Р ИСО/МЭК 7498-1. Информационная технология. Взаимосвязь открытых систем. Базовая эталонная модель. Часть 1. Базовая модель. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2000. – 62 с.

3. Романец, Ю.В. Защита информации в компьютерных системах и сетях / Ю.В. Романец, П.А. Тимофеев, В.Ф. Шаньгин. – М.: Радио и связь, 2004. – 328 с.

4. Элементарное введение в эллиптическую криптографию: учебное пособие / А. А. Болотов [и др.]. – М.: КомКнига, 2006. – 280 с.

5. Коломийцева, С.В. Введение в эллиптическую криптографию: учебное пособие / С.В. Коломийцева. – Хабаровск: ДВГУПС, 2012. – 35 с.

## **Анализ и синтез приемных структур мобильных комплексов скрытного радиотехнического мониторинга**

С. Н. Разиньков, email: razinkovsergey@rambler.ru

О. Э. Разинькова, email: razinkova-olga@rambler.ru

А. В. Евсеев, email: alsealek@mail.ru

Ю. В. Сторожук, email: yu.storozhyk@yandex.ru

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А.

Гагарина» (г. Воронеж)

**Аннотация.** *Выполнен обзор методов анализа и синтеза приемных структур, применяемых в мобильных комплексах скрытного радиотехнического мониторинга. Оценены возможности применения этих методов для обоснования технических путей построения комплексов мониторинга с требуемыми показателями эффективности выполнения целевых задач и защищенности при функционировании.*

**Ключевые слова:** *Радиотехнический мониторинг, мобильный комплекс, приемная структура, функция пространственно-частотной избирательности приема, методы анализа и синтеза структур.*

### **Введение**

Для скрытного мониторинга радиоэлектронной обстановки находят применение радиотехнические комплексы [1] на мобильных носителях, характеризующиеся низкими уровнями фоновой контрастности [2]. Суть мониторинга заключается в определении текущих характеристик [1, 3] и установлении изменений динамических состояний радиоэлектронных объектов по результатам приема и обработки их сигналов [1].

За счет мобильности комплексов может выполняться оперативный перенос усилий по добыванию данных и сосредоточению ресурсов в областях, для которых установлены более высокие приоритеты анализа [1, 3]. Малая фоновая контрастность комплексов позволяет оценивать функциональные и целевые свойства источников радиоизлучений при сохранении защищенности от систем дистанционного контроля (СДК), определяющей условия безопасности при деструктивных воздействиях [2, 3].

К числу основных вопросов создания мобильных комплексов для скрытного выполнения задач мониторинга следует отнести поиск путей построения приемных структур целевых нагрузок [4, 5].



Конструктивный облик приемных структур определяется на основе компромиссных технических решений при максимально полном совместном выполнении противоречивых требований к эффективности приема информационных сигналов [6] и степени проявления комплексов в информационных полях СДК [2, 5].

Эффективность приема сигналов характеризуется показателями пространственно-частотной избирательности и усиления в приемных трактах, определяющими технические условия реализации алгоритмов обработки данных и способов защиты от деструктивных воздействий. При этом прирост показателя усиления сигналов, как правило, приводит к возрастанию боковых лепестков функции пространственно-частотной избирательности приемной структуры [6, 7]. В результате формируются побочные каналы для поступления деструктивных воздействий, что, в свою очередь, ухудшает условия приема [6, 7] и практически исключает возможности построения оптимальных алгоритмов обработки сигналов [1]. Снижение боковых лепестков функций пространственно-частотной избирательности приема сигналов при контролируемой степени потерь усиления [6, 7] обуславливает возрастание плотности потока энергии вторичного электромагнитного излучения. В целом, можно сделать вывод, что прирост эффективности приема сигналов, количественной мерой которого является отношение сигнал-шум в каналах приемного устройства, создает предпосылки для снижения скрытности применения комплексов [2, 5].

Таким образом, поиск путей построения приемных структур для мобильных радиотехнических комплексов следует выполнять на основе последовательного решения двух групп взаимосвязанных задач:

- первая группа – задачи электродинамического анализа приемных структур для установления взаимосвязей характеристик усиления, пространственно-частотной избирательности приема [6, 8] и вторичного излучения сигналов [2, 5] с параметрами конструкций;

- вторая группа – задачи параметрического синтеза в интересах нахождения характеристик структур [5, 9], обеспечивающих требуемые показатели эффективности приема и вторичного излучения сигналов, на основе взаимосвязей, найденных по результатам анализа.

Задачи каждой группы решаются при установленной топологии приемной структуры и априори определенной несущей поверхности для размещения на мобильном объекте. Конструктивный облик и варианты размещения структур устанавливаются в соответствии с ограничениями на условия эксплуатации радиотехнического комплекса. В частности, целевые нагрузки комплексов воздушного базирования при размещении на корпусе (для объектов самолетного типа) или внешней подвеске (для

объектов вертолетного типа) не должны изменять аэродинамические свойства носителей сверх заданных пределов [7]. К носителям наземных мобильных комплексов предъявляются требования по сохранению устойчивости и управляемости при ведении мониторинга в движении и времени развертывания (свертывания) внешнего оборудования.

Цель работы – обоснование методов анализа и синтеза приемных структур для мобильных комплексов радиотехнического мониторинга с требуемыми показателями скрытности от СДК.

### **1. Задачи анализа приемных структур мобильных комплексов скрытного радиотехнического мониторинга**

Анализ приемных структур мобильных комплексов мониторинга выполняется в интересах решения двух взаимодополняющих задач [7].

1. Исследование показателей избирательности приема, усиления и вторичного излучения сигналов компонентами целевых нагрузок и приемными структурами в целом.

2. Исследование эффективности приема и вторичного излучения сигналов структурами на несущих поверхностях мобильных носителей.

В мобильных радиотехнических комплексах широкое применение находят приемные структуры вибраторного типа, обладающие малыми массогабаритными характеристиками, и планарные структуры, формы которых не выступают за контуры носителя. В настоящее время анализ вибраторных конструкций выполняется на основе метода интегральных уравнений [4] с постановкой краевых задач для эквивалентных осевых токов при граничных условиях для касательных элементов векторных сумм электрических полей приемных элементов [4, 6, 8]. Для анализа планарных структур эффективно используется метод наведенных токов [4, 7], позволяющий исследовать показатели пространственно-частотной избирательности приема сигналов с учетом искажений их амплитудно-фазовых распределений [8] за счет интерференции волн поверхностных токов несущих конструкций [7, 8]. При осевой симметрии поверхностей, определенных для размещения приемных структур, результирующее распределение токов находится путем суммирования бесконечных рядов Фурье с весовыми коэффициентами азимутальных гармоник. Значения этих коэффициентов представляют собой суммы последовательностей ортогональных (базисных) функций краевых задач [4, 8].

Вместе с тем, область применения известных методов ограничена следующими условиями.

1. Комплексная амплитуда принимаемого (рассеиваемого) сигнала устанавливается в приближении монохроматического процесса [4]; токи элементов приемной структуры и несущей конструкции представляются гармоническими колебаниями с циклическими частотами несущих

[4, 8]. Данное ограничение адекватно отражает условия приема и рассеяния узкополосных сигналов, однако исключает возможности исследования характеристик усиления, пространственно-частотной избирательности приема и вторичного излучения широкополосных процессов [8].

2. В качестве несущих поверхностей выступают плоские (слабо искривленные) поверхности больших электрических размеров, которые, как правило, принадлежат квазиоптической области [8]. Выбранное приближение не позволяет проводить анализ приемных структур из резонансных и диапазонных элементов, возбуждаемых импульсными сигналами.

В целях развития методических основ анализа приемных структур для радиотехнических комплексов скрытного мониторинга обстановки предлагается разработать:

1. метод исследования компонентов структур в режиме приема (рассеяния) нестационарных волновых процессов при пространственно-временном представлении их текущих распределений. В отличие ранее известных методов, базирующихся на решении векторных краевых задач [4, 7, 8], представимых в виде рядов пространственных гармоник эквивалентных токов [4], он основан на нахождении пространственно-временного распределения поверхностных токов путем суммирования последовательностей ортогональных пространственных и временных базисных функций;

2. модели диапазонных (широкополосных) приемных структур. В отличие от ранее известных моделей, предназначенных для расчета характеристик резонансных (узкополосных) структур [7], возбуждаемых монохроматическими волновыми процессами, в моделях диапазонных (широкополосных) структур устанавливаются взаимосвязи [8, 10] между пространственно-временными распределениями поверхностных токов и облучающего поля в условиях нестационарного возбуждения [8]. Кроме того, в отличие от известных моделей, разработанных для исследования приемных структур в однородном изотропном бесконечно протяженном пространстве, комплексные амплитуды токов элементов находятся при граничных условиях для электрического поля в свободном пространстве [8, 10] с последующим умножением на дифракционные коэффициенты несущих экранов [10]. В результате устанавливаются функциональные взаимосвязи показателей усиления и характеристик пространственно-частотной избирательности приема сигналов [8, 10] с электрическими размерами структур и несущих поверхностей. Они позволяют выявлять закономерности экранирования секторов рабочих углов при размещении целевых нагрузок мониторинга на малогабаритных носителях [8, 10].

## **2. Задачи синтеза приемных структур мобильных комплексов скрытого радиотехнического мониторинга**

Синтез малоотражающих приемных структур [5, 7] для мобильных радиотехнических комплексов выполняется при заданной топологии в соответствии со следующими критериями [6, 9]:

1. критерий минимума среднеквадратического отклонения (СКО) функции пространственно-частотной избирательности приема сигналов от заданной формы;

2. критерий минимума СКО квадрата функции пространственно-частотной избирательности приема сигналов от требуемой формы.

При использовании первого критерия достигается наиболее точное и детальное восстановление [6, 9] функции пространственно-частотной избирательности приема сигналов с минимальными потерями усиления структуры. Однако ее коэффициент усиления убывает пропорционально ширине функции пространственно-частотной избирательности приема во второй степени. Этот фактор затрудняет одновременное получение высоких показателей усиления и пространственной селекции сигналов.

При использовании второго из представленных критериев имеет место линейная зависимость [6, 9] коэффициента усиления сигналов от ширины главного луча функции пространственно-частотной приема. При этом затруднено точное восстановление функции пространственно-частотной избирательности структуры, поскольку за счет минимизации СКО ее квадрата ограничения устанавливаются только для абсолютных значений токов, без учета распределения их фазовых набегов [9].

В работе представлен метод параметрического синтеза приемных структур с максимальным усилением и минимальным уровнем вторичного излучения сигналов контроле функций пространственно-частотной избирательности приема на множестве направлений.

За счет фиксации значений функции пространственно-частотной избирательности приема сигналов на множестве угловых положений при отсутствии требований к форме боковых лепестков [11] происходит к сокращению потерь усиления в приемной структуре. В результате последовательной коррекции распределения токов приемных элементов [5, 7, 9, 11] вследствие подавления локальных экстремумов функции пространственно-частотной избирательности структуры [10] происходит снижение среднего уровня боковых лепестков, как и при использовании критерия синтеза, базирующегося на минимизации СКО функции от установленной формы [9]. Инвариантность положения главного луча функции, характеризующей избирательность приема сигналов, при подавлении локальных экстремумов позволяет, как показано в [5, 9, 11], достичь высоких показателей усиления в широком диапазоне частот.

## **Заключение**

Разработаны модели и метод анализа приемных структур для мобильных комплексов скрытного радиотехнического мониторинга, позволяющие установить взаимосвязи параметров их конструкций с характеристиками приема и рассеяния сигналов. Предложены критерий и метод синтеза структуры с максимальным усилением и минимальным уровнем вторичного излучения сигналов при установлении ограничений на функции пространственно-частотной избирательности их приема.

Для достижения наилучших показателей избирательности приема при минимальных потерях усиления сигналов в приемной структуре целесообразно применять критерий, базирующийся на контроле соответствия формируемой и требуемой функций на дискретном наборе фиксированных направлений и частот. Определение компромиссных значений параметров конструкций приемных структур позволит найти технический облик мобильных радиотехнических комплексов с высокими показателями эффективности мониторинга радиоэлектронной обстановки и защищенности от СДК.

## **Список литературы**

1. Радзиевский, В. Г. Теоретические основы радиоэлектронной разведки / В. Г. Радзиевский, А. А. Сирота. – М. : Радиотехника, 2004. – 432 с.
2. Ананьин, Э. В. Методы снижения радиолокационной заметности / Э. В. Ананьин, Р. П. Ваксман, Ю. М. Патраков // Зарубежная радиоэлектроника. – 1994. – № 4/5. – С. 5-21.
3. Меньшаков, Ю. К. Теоретические основы технических разведок / Ю. К. Меньшаков. – М. : МГТУ имени Н.Э. Баумана, 2008. – 536 с.
4. Неганов, В. А. Электродинамика и распространение радиоволн / В. А. Неганов, О. В. Осипов, С. Б. Раевский и др. ; под ред. В. А. Неганова и С. Б. Раевского. – М. : Радио и связь, 2005. – 648 с.
5. Разинькова, О. Э. Двухэтапный синтез антенной решетки с заданной диаграммой направленности и минимальной эффективной площадью рассеяния / О.Э. Разинькова // Воздушно-космические силы: теория и практика. – 2021. – № 18. – С. 108-119.
6. Неганов, В. А. Современная теория и практические применения антенн / В. А. Неганов, Д. П. Табаков, Г. П. Яровой ; под ред. В. А. Неганова. – М. : Радиотехника, 2009. – 720 с.
7. Резников, Г. Б. Антенны летательных аппаратов / Г. Б. Резников. – М. : Советское радио, 1967. – 416 с.
8. Разинькова, О. Э. Модели идеальных проводников с осевой симметрией во внешнем нестационарном электромагнитном поле /

О. Э. Разинькова // Воздушно-космические силы: теория и практика. – 2021. – № 18. – С. 120-131.

9. Кашин, В. А. Методы фазового синтеза антенных решеток / В. А. Кашин // Зарубежная радиоэлектроника. Успехи современной радиоэлектроники. – 1997. – № 1. – С. 47-60.

10. Тимошенко, А. В. Современное состояние и задачи совершенствования методических основ построения антенных решеток беспилотных радиотехнических комплексов / А. В. Тимошенко, С. Н. Разиньков, О. Э. Разинькова и др. // Воздушно-космические силы: теория и практика. – 2020. – № 14. – С. 63-83.

11. Разиньков, С. Н. Синтез нулей диаграмм направленности резонансных и диапазонных антенных решеток с максимальными коэффициентами направленного действия / С. Н. Разиньков, А. В. Богословский, М. Ю. Лукин // Радиотехника. – 2017. – № 12. – С. 44-51.

## Применение компьютерных программ электродинамического моделирования для анализа прямоизлучающих структур

С. Н. Разиньков<sup>1</sup>, e-mail: razinkovsergey@rambler.ru,

Д. Н. Борисов<sup>2</sup>, e-mail: borisov@sc.vsu.ru,

А. В. Богословский<sup>1</sup>, e-mail: bogosandrej@yandex.ru

<sup>1</sup> Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А.

Гагарина» (г. Воронеж)

<sup>2</sup> Воронежский Государственный Университет

**Аннотация.** *Представлены базовые принципы компьютерного моделирования прямоизлучающих структур в интересах анализа характеристик и выбора рациональных параметров конструкции для достижения требуемых показателей избирательности излучения и приема электромагнитных волн. Определены основные пути повышения эффективности компьютерных программ в процессе исследований прямоизлучающих структур на основе их совместного использования с системами построения цифровых моделей и способами аналитического и численного решения краевых задач электродинамики для нахождения приближенного распределения токов прямоизлучающих компонентов и несущих поверхностей.*

**Ключевые слова:** *прямоизлучающая структура, компьютерные программы электродинамического моделирования, анализ.*

### Введение

Повышение требований к пространственной избирательности [1] радиоканалов и усложнение конструкций прямоизлучающих структур, используемых в современных информационно-телекоммуникационных устройствах, определяют потребности исследования широкого перечня закономерностей излучения и приема электромагнитных волн [2] для выявления факторов, влияющих на эффективность информационного обмена. Сложные взаимосвязи между характеристиками и параметрами структур, обуславливающие неоднозначные показатели эффективности выполнения целевых функций при различных вариантах исполнения, в ряде практически важных случаев ограничивают возможность решения данной задачи с применением аналитических (численно-аналитических) подходов [3, 4].

Аналитические способы исследования разработаны для отдельных видов приемоизлучающих элементов, расположенных в бесконечно протяженном однородном изотропном пространстве и возбуждаемых плоскими монохроматическими волнами. Они не позволяют определять характеристики и параметры конструкций, размещенных на носителях, с учетом электрофизических свойств несущих компонентов и на единой методической основе оценивать показатели избирательности излучения (приема) сигналов и качества согласования структур с передатчиками и приемниками [2].

Численно-аналитические методы применяются для исследования структур, носителями которых выступают поверхности простой формы (плоские, цилиндрические и клиновидные экраны, полости, фрагменты сферы и т.д.) [3]. Их суть состоит в нахождении приближенных решений краевых задач путем частичного обращения операторов, связывающих распределения волновых процессов, возбуждающих приемоизлучающие структуры, и сигналов, излучаемых (принимаемых) информационно-телекоммуникационными устройствами [4]. Постановка краевых задач электродинамики в основном выполняется при граничных условиях для касательных составляющих полного электрического поля [5] и ввиду его потенциального характера является математически некорректной. При этом формализованное описание процедур взаимных преобразований излучаемых (принимаемых) волновых процессов и сигналов в трактах информационно-телекоммуникационных устройств, базирующееся на выполнении операций интегрирования распределения поверхностных токов приемоизлучающих структур, является достаточно сложным, а технологии частичного обращения операторов краевых задач требуют применения методов регуляризации при поиске устойчивых, физически реализуемых однозначных решений.

В этой связи для анализа и определения параметров конструкций приемоизлучающих структур целесообразно применять компьютерные программы электродинамического моделирования [6–8].

Цель работы – оценка возможностей и обоснование рекомендаций по применению компьютерных программ электродинамического моделирования для анализа приемоизлучающих структур

### **1. Базовые принципы компьютерного моделирования приемоизлучающих структур**

Базовые принципы построения и применения компьютерных программ электродинамического моделирования приемоизлучающих структур будем анализировать применительно к пакетам CST MWS – Computer Simulation Technology Microwave Studio [6] и Altair FEKO – FEldberechnung bei Korpeln mit beliebiger Oberflache [7, 8].



Компьютерные программы электродинамического моделирования предназначены для анализа характеристик и обоснования параметров конструкций приемоизлучающих структур, расположенных вблизи или непосредственно на объектах, поверхности которых могут быть представлены наборами диэлектрических (металлодиэлектрических) и идеально проводящих участков. Для аппроксимации несущих экранов, которые в общем случае следует рассматривать как множество замкнутых и разомкнутых оболочек [6, 7], используются многомерные поверхности, образованные кривыми второго порядка и развернутые на трехмерных сплайн-линиях. В частности, при аппроксимации боковой поверхности цилиндра конечной длины окружность его поперечного сечения может быть представлена правильным многоугольником из 36 сторон; для повышения точности вычислений характеристик структуры вибраторного типа, закрепленной на цилиндре, и учета вторичного излучения волновых процессов приемоизлучающими элементами число сторон многоугольника требуется увеличить в 3...4 раза [9].

Математическая постановка трехмерной задачи возбуждения поверхности произвольного вида осуществляется с использованием интегральных уравнений относительно плотности поверхностных токов. Остальные типы краевых задач представляются в виде одномерных интегральных уравнений [10] с интегрированием по контурам сечений поверхностей [9, 10]. Если поверхность объекта образована вращением контура вокруг оси цилиндрической системы координат [3], система одномерных интегральных уравнений записывается путем разложения токов и полей краевой задачи в ряды Фурье [4, 5].

Представление несущих поверхностей проводится на основе геометрических факторов, устанавливающих степень соответствия их фрагментов телам простой формы, для которых может быть выполнено решение краевой задачи. При этом материал поверхности полагается однородным, различие электрофизических свойств отдельных участков исключается из рассмотрения.

При численном решении интегральных уравнений токи объектов представляются последовательностями линейно-независимых функций, краевые задачи приобретают формы систем линейных алгебраических уравнений относительно весовых коэффициентов последовательностей, значения которых равны комплексным амплитудам искомых токов в точках дискретизации. Решение линейных алгебраических уравнений осуществляется на основе прямых и итерационных методов (например, обобщенного метода минимальных невязок [4]). Исследование сложных структур может быть выполнено при последовательных приближениях,

когда результаты расчета токов (полей) для фрагмента структуры используются в качестве возбуждающих функций для ее других частей.

Краевые задачи для трехмерных объектов и расположенных на них дискретных приемоизлучающих структур [10] целесообразно решать с применением метода конечных элементов FEM – Finite Element Method. Данный метод базируется на разбиении области решения краевой задачи на множество подобластей [8], где искомое распределение токов представляется монотонными функциями [6, 8], а полученные частные решения сшиваются в узлах аппроксимирующей сетки из условия равенства значений аппроксимирующих функций на границах соседних элементов разбиения [6]. Ввиду того, что каждый элемент поверхности объекта граничит с конечным числом соседних элементов, система линейных алгебраических уравнений для весовых коэффициентов аппроксимирующих последовательностей в точках сшивания частных решений является разреженной [7], ее решение сохраняет устойчивость при невязке граничных условий [8].

Краевые задачи для трехмерных объектов целесообразно решать с использованием метода моментов Method of Moments, суть которого заключается в преобразовании системы интегральных уравнений для континуального распределения токов [3–5, 9, 10] к системе линейных алгебраических уравнений относительно дискретного массива их комплексных амплитуд. Данное преобразование осуществляется при аппроксимации поверхностных токов объекта последовательностями линейно-независимых функций [3] и свертки дискретного оператора [4] краевой задачи и аналитического представления возбуждающего поля с последовательностями пробных функций [3, 4].

Моделирование приемоизлучающих структур также проводится методом конечных элементов [8], поскольку метод конечных разностей непригоден при представлении источников, заключенных в замкнутые области (в частности, в цилиндрическую поверхность). Область поиска решений уравнений разбивается на конечное количество подобластей, в каждом из которых выбирается вид аппроксимирующей функции; т.е. исходная область определения функции тока разбивается с помощью сетки, в общем случае неравномерной, на множество конечных элементов. Коэффициенты аппроксимирующих функций находятся из условия равенства значений на границах элементов и выражаются через значения функций в узлах конечных элементов [7]. Эти значения, в свою очередь, определяются по результатам решения системы линейных алгебраических уравнений, сформированной при замене операторов интегральных уравнений матричными элементами, а их аргументов –

множеством дискретных значений токов в области определения краевой задачи.

В программе электродинамического моделирования CST MWS для решения краевой задачи методом конечных элементов при планарном моделировании идеально проводящих приемоизлучающих структур и их носителей, а также расчете токов в областях частичной металлизации диэлектрических объектов для автоматической генерации координат узлов и дискретизации поверхностей активируется вычислитель FDS – Frequency Domain Solver. Для вычисления развязки между источниками, заданными на поверхностях, где определяются дискретные значения комплексных амплитуд токов, выполняется обращение к вычислителю Integral Equation Solver. При моделировании объемных диэлектрических (металлодиэлектрических) и идеально проводящих тел произвольной формы, декомпозируемых на множество непланарных элементов, для аппроксимации токов активируется процедура задания граничных условий PBA – Perfect Boundary Approximation [6].

В программе Altair FEKO задачи возбуждения токов поверхностей для размещения приемоизлучающих структур определяются системами интегральных уравнений Фредгольма второго рода в границах областей дискретизации с тензорными функциями Грина [3] и решаются методом моментов [3, 4]. Поляризационные компоненты электрического поля вычисляются в виде суперпозиции полей, излучаемых (принимаемых) элементами дискретизации объекта, методами геометрической оптики, физической теории дифракции [5] и мультипольного метода [7, 8]. При нахождении весовых коэффициентов распределения токов поверхности с криволинейными профилями представляются наборами элементарных площадок треугольной формы [7], в пределах которых осуществляется интегрирование произведений комплексных амплитуд поверхностных токов и функций элементарных источников по областям дискретизации.

## **2. Пути повышения эффективности электродинамического моделирования приемоизлучающих структур с применением компьютерных программ**

При использовании компьютерных программ моделирования приемоизлучающих структур требуется оценивать и контролировать погрешности выполняемых вычислений. Вместе с тем, ввиду закрытого содержания программ указанная операция по результатам исследования реализуемых вычислительных алгоритмов выполнена быть не может.

Выполнение тестовых расчетов для объектов с известными (легко прогнозируемыми) характеристиками затруднено, поскольку в пакетах электродинамического моделирования реализуются общие процедуры

расчетов, без оптимизации операций к форме, электрическим размерам и электрофизическим свойствам структур и несущих поверхностей.

Как показано в [9, 11], время расчета диаграммы направленности линейной решетки из 3...5 элементарных электрических вибраторов с применением персонального компьютера на базе процессора Intel Core i7-8700 с объемом оперативной памяти 16 Гб достигает 5...6 часов. Выбор рациональных вариантов построения структур, размещенных на боковых поверхностях круглых цилиндров, из множества альтернатив, сформированных по результатам многократных расчетов характеристик для различных параметров конструкций, становится возможным при использовании вычислительного средства на базе процессора Intel Core i7-10700K с объемом оперативной памяти 32 Гб [11, 12].

В этой связи для повышения эффективности применения программ моделирования для анализа излучения (приема) электромагнитного поля требуется обоснование рациональных алгоритмов их применения.

Наиболее высокая эффективность применения метода моментов достигается при представлении функции Грина краевой задачи в аналитическом виде. При этом, во-первых, становится возможным исключение из области решения точек, где проявляются особенности ядер интегральных уравнений, во-вторых, поиск решения краевой задачи выполняется в точках дискретизации излучающей (приемной) поверхности, а не объема пространства, занимаемого объектом, что способствует существенному сокращению вычислительных затрат на частичное обращение оператора краевой задачи. Для дискретизации распределения токов, индуцируемых сторонним полем, применяется способ сеточного разбиения [6–8] поверхности.

За счет представления поверхности объекта, в составе которого присутствуют плоские и (или) слабо искривленные участки, в виде сеточной структуры с прямоугольными ячейками, достигается высокая точность аппроксимации токов [6–8] при отсутствии избыточного числа точек дискретизации области их определения. Покрытие поверхности с большим радиусом кривизны сеткой с тетраэдральной формой ячеек обеспечивает сокращение множества дискретных фрагментов по сравнению с вариантом разбиения на прямоугольные участки [10]. Для дальнейшего снижения вычислительных затрат эффективно применяется метод подсеток MSS – Multilevel Subgridding Scheme, формирующий при задании линий разбиения анализируемого объекта произвольной формы конформные слои с измельченной сеткой [6, 8].

В соответствии с объектно-ориентированным подходом [7, 8] для модельного представления композиционных объектов исходные данные формируются при использовании системы построения 3D-моделей

SolidWorks [9] с активированными инструментами для кинематического и структурного анализа и проектирования изделий в виде объёмных полноразмерных цифровых моделей [6, 8] приемоизлучающих структур и несущих поверхностей. В процессе проведения расчетов исходные данные транслируются в графические ядра компьютерных программ CST MWS и Altair FEKO.

### **Заключение**

Представлены базовые принципы компьютерного моделирования приемоизлучающих структур при анализе их характеристик и выборе параметров конструкций, обеспечивающих требуемые показатели избирательности излучения и приема электромагнитных волн. Определены основные пути повышения эффективности компьютерных программ CST MWS и Altair FEKO при проведении исследований приемоизлучающих структур на основе совместного использования с системами построения цифровых моделей и способами аналитического и численного решения краевых задач электродинамики для нахождения приближенного распределения токов приемоизлучающих компонентов и несущих поверхностей.

Результаты, полученные на основе компьютерного моделирования приемоизлучающих структур на поверхностях ограниченных размеров, позволяют оценить показатели эффективности излучения (приема) сигналов мобильными информационными средствами информационно-телекоммуникационных систем.

### **Список литературы**

1. Братчиков, А.Н. Активные фазированные антенные решетки / А.Н. Братчиков, В.И. Васин, О.О. Василенко и др. // Под ред. Д.И. Воскресенского. – М.: Радиотехника, 2004.– 488 с.
2. Тимошенко, А.В. Современное состояние и задачи совершенствования методических основ построения антенных решеток беспилотных радиотехнических комплексов / А.В. Тимошенко, С.Н. Разиньков, О.Э. Разинькова и др. // Военно-воздушные силы: теория и практика, 2020. – № 14. – С. 63-83.
3. Малушков, Г.Д. Рассеяние неоднородным диэлектрическим телом вращения / Г.Д. Малушков // Известия вузов. Радиофизика, 1975. – Т. 18. – № 2. – С. 269-280.
4. Неганов, В.А. Излучение и дифракция электромагнитных волн / В.А. Неганов, Э.А. Павловская, Г.П. Яровой // Под ред. В.А. Неганова. – М.: Радио и связь, 2004.– 264 с.

5. Неганов, В.А. Электродинамика и распространение радиоволн / В.А. Неганов, О.В. Осипов, С.Б. Раевский и др. // Под ред. В.А. Неганова и С.Б. Раевского. – М.: Радио и связь, 2005.– 648 с.
6. Курушин, А.А. Проектирование СВЧ устройств в среде CST Microwave Studio / А.А. Курушин, А.Н. Пластиков. – М.: МЭИ, 2011.– 155 с.
7. Банков, С.Е. Расчет излучаемых структур с помощью FEKO / С.Е. Банков, А.А. Курушин. – М.: ЗАО «НПП «Родник», 2008.– 246 с.
8. Банков, С.Е. Электродинамическое моделирование антенных и СВЧ структур с использованием FEKO / С.Е. Банков, А.Н. Грибанов, А.А. Курушин. – М.: One-Book, 2013.– 423 с.
9. Разиньков, С.Н. Анализ вибраторных антенных решеток малозаметных беспилотных летательных аппаратов самолетного типа / С.Н. Разиньков, А.В. Богословский, Д.Н. Борисов и др. // Военно-воздушные силы: теория и практика, 2021. – № 18. – С. 227-236.
10. Разиньков, С.Н. Анализ эффективной площади рассеяния беспилотного радиоэлектронного комплекса с применением системы электродинамического моделирования / С.Н. Разиньков, А.В. Богословский, А.Б. Буслаев // Военно-воздушные силы: теория и практика, 2022. – № 21. – С. 124-136.
11. Разиньков, С.Н. Совместное применение аналитических и численных методик электродинамического моделирования для синтеза решеток электрических вибраторов на цилиндрах конечной длины / С.Н. Разиньков, А.В. Богословский, Д.Н. Борисов // Военно-воздушные силы: теория и практика, 2021. – № 20. – С. 287-300.

# Вычислительно-эффективная реализация дискретного преобразования Фурье

А. Ю. Савинков, email: savinkov\_a\_yu@sc.vsu.ru

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ВГУ»)

**Аннотация.** В данной работе предложена вычислительно-эффективная программная реализация на C++ дискретного преобразования Фурье для выборок произвольного размера.

**Ключевые слова:** DFT, FFT, Chirp Z-transform

## Введение

Дискретное преобразование Фурье (ДПФ) находит широкое применение при анализе и обработке сигналов как при моделировании так и при реализации систем цифровой обработки сигналов. Сложность вычисления ДПФ  $O(N^2)$ , где  $N$  - длина выборки. При больших  $N$ , где  $\mathbb{Z}_0$  - множество целых неотрицательных чисел. Для эффективного вычисления ДФТ по выборкам произвольной длины может быть использован чирп-алгоритм Блюстейна [2, 3]. Чирп-алгоритм (chirp Z-transform) как обобщенный метод вычисления ДФТ был предложен в 1968 году [3] и широко описан в литературе, например [2], но все еще относительно мало распространен среди специалистов в цифровой обработке сигналов. Чирп-алгоритм имеет сложность  $O(N \log(N))$ , но фактически требует выполнения трех БПФ для выборки длиной  $L = 2^{\lceil 1 + \log_2(N) \rceil}$ , где  $\lceil \cdot \rceil$  обозначает округление вверх, т.е.  $L$  - это удвоенная длина исходной выборки, округленная вверх до ближайшей целой степени двойки. Также требуется выполнить несколько серий комплексных умножений длиной  $N$  или  $L$ . Поэтому даже при формально одинаковом порядке сложности, фактическое время выполнения чирп-алгоритма примерно на порядок больше времени выполнения традиционного БПФ для той же длины выборки. Поэтому при практической реализации в программах целесообразно использовать традиционные варианты БПФ для тех размеров выборок, которые ими поддерживаются, и переходить к чирп-алгоритму для остальных размеров выборки.

В данной работе предлагается вычислительно-эффективная реализация ДПФ на языке С++, использующая БПФ, если это возможно, и чирп-алгоритм в остальных случаях. Для расширения множества длин выборок, поддерживаемых БПФ, помимо традиционного алгоритма для выборки  $2^n$  реализованы БПФ для выборок  $3 \cdot 2^n$  и  $5 \cdot 2^n$ , где  $n \in \mathbb{Z}_0$ . Кроме того, используются кэш для хранения предварительно вычисленных справочных таблиц (lookup tables, LUT) значений комплексных экспонент и перестановок, что дополнительно повышает быстродействие. Несмотря на наличие множества готовых реализаций БПФ и ДПФ в составе различных библиотек (например, FFTW), во многих случаях для использования в программах удобнее иметь простую переносимую реализацию в виде единственного файла, не требующую установки в систему дополнительно ПО, поэтому предлагаемая еще одна реализация ДПФ представляется актуальной.

### 1. Алгоритмы БПФ

Для реализации БПФ обычно используется алгоритм Кули-Тьюки. Основная идея алгоритма состоит в разбиении исходной выборки отсчетов сигнала на несколько выборок меньшего размера, для которых нужно вычислить ДПФ, а затем объединить полученные результаты. Поскольку сложность вычисления ДПФ  $O(N^2)$ , то суммарная сложность вычисления нескольких ДПФ меньшего размера будет ниже, чем при прямом вычислении исходного ДПФ.

Рассмотрим выборку сигнала, содержащую четное число отсчетов, тогда  $k$ -ый отсчет спектра сигнала,  $k \in [0, N)$ , выражается формулой (1)

$$S_k = \sum_{n=0}^{N-1} S_n \cdot W^{n \cdot k} \quad (1)$$

где  $W = \exp\left(-j \cdot \frac{2\pi}{N}\right)$

Далее разделим исходную выборку сигнала на четные и нечетные отсчеты и преобразуем (1) к виду (2)



$$\begin{aligned}
\sum_{n=0}^{N-1} S_n \cdot W^{n \cdot k} &= \sum_{n=0}^{\frac{N-1}{2}} S_{2n} \cdot W^{2n \cdot k} + \sum_{n=0}^{\frac{N-1}{2}} S_{2n+1} \cdot W^{(2n+1) \cdot k} = \\
&= \sum_{n=0}^{\frac{N-1}{2}} S_{2n} \cdot W^{2n \cdot k} + W^k \cdot \sum_{n=0}^{\frac{N-1}{2}} S_{2n+1} \cdot W^{2n \cdot k}
\end{aligned} \tag{2}$$

Заметим теперь, что при последовательном переборе значений  $k$  в диапазоне  $[0, N)$  будут получены отсчеты комплексной экспоненты  $W^{2nk}$  для двух полных периодов. Следовательно, если  $l \in [0, N/2)$ , то

$$\sum_{n=0}^{\frac{N-1}{2}} S_{2n} \cdot W^{2n \cdot l} = \sum_{n=0}^{\frac{N-1}{2}} S_{2n} W^{2n \cdot (l+N/2)} \text{ и в выражении (2) суммы}$$

можно посчитать только для половины индексов  $k$ .

Заметим также, что  $W^{l+N/2} = -W^l$ . Действительно,  $W^{l+N/2} \exp(-j \cdot \frac{2\pi}{N} \cdot (l + \frac{N}{2})) = \exp(-j \cdot \frac{2\pi}{N} \cdot l) \cdot \exp(-j \cdot \frac{2\pi}{N} \cdot \frac{N}{2}) = \exp(-j \cdot \frac{2\pi}{N} \cdot l) = \exp(-j \cdot \frac{2\pi}{N} \cdot l) = -\exp(-j \cdot \frac{2\pi}{N} \cdot l) = -W^l$ .

На рис. 1 приведена блок-схема базового элемента алгоритма БПФ, состоящего в разделении исходной выборки на два фрагмента, независимом вычислении ДПФ для каждого фрагмента и объединении результатов для получения полного спектра исходной выборки.

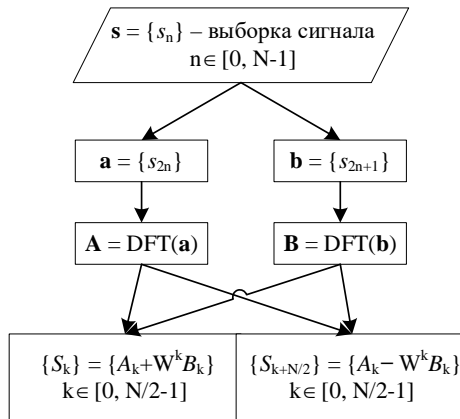


Рис. 1. Базовый элемент алгоритма БПФ

Алгоритм можно рекурсивно применить к выборкам четных и нечетных отсчетов и так далее. Если исходная длина выборки  $N$  равна  $2^n, n \in \mathbb{Z}_0$ , то рекурсивное деление выборок можно продолжить вплоть до выборок из одного отсчета, для которых ДПФ тривиально. При этом результирующая сложность вычислений будет  $O(N \cdot \log(N))$ .

Если исходная длина выборки  $N = k \cdot 2^n, n \in \mathbb{Z}_0$ , то рекурсивное деление выборок можно продолжить вплоть до выборок, состоящих из  $k$  отсчетов. Оптимизация процедуры вычисления ДПФ для таких выборок из  $k$  отсчетов должна быть выполнена вручную. Например, в [4] приведены алгоритмы вычисления ДПФ для  $k = 3$  и  $k = 5$ .

Фрагмент кода программы для вычисления ДПФ по трем отсчетам сигнала приведен в листинге 1. Исходные данные содержатся в массиве  $y$ , результат сохраняется в том же массиве на месте исходных данных.

Листинг 1

```
static const T k = -sin(2.0 * std::numbers::pi / 3.0);
constexpr std::complex<T> J = std::complex<T>(0, 1);
std::complex<T> a = y[1] + y[2];
std::complex<T> t1 = y[0] - a / 2.0;
std::complex<T> t2 = (y[1] - y[2]) * k;
std::complex<T> b = J * t2;
y[0] += a;
y[1] = t1 + b;
y[2] = t1 - b;
```

Код программы для вычисления ДПФ по пяти отсчетам сигнала существенно сложнее и не приводится здесь (полный исходный код для предлагаемой реализации ДПФ доступен по ссылке [5]), отметим только, что в [4] имеется опечатка. Должно быть (обозначения исходной статьи сохранены):  $k_{11} = \sin(2\pi/5) + \sin(4\pi/5)$ ,  $k_{12} = -\sin(2\pi/5) + \sin(4\pi/5)$ ,  $B_1 = d_1 + j \cdot d_4, B_4 = d_1 - j \cdot d_4$ .

Алгоритм БПФ проще всего реализовать с использованием рекурсивных вызовов функций, но такой подход заведомо не оптимальный, прежде всего из-за необходимости копировать фрагменты выборки при ее делении в новые массивы перед рекурсивным вызовом функции вычисления ДПФ. Более эффективное решение состоит в том, чтобы перед вычислением ДПФ переставить элементы исходного массива так, чтобы все последующие вычисления выполнялись бы без рекурсии и копирования данных за несколько последовательных проходов по переупорядоченному массиву исходных данных, при этом результат вычислений заменит исходные данные в массиве.

Например, рассмотрим выборку из 16 элементов, последовательно пронумерованных от 0 до 15. Разделим исходную выборку на две выборки, содержащие четные и нечетные отсчеты исходной выборки соответственно и расположим эти выборки последовательно. Затем полученные выборки разделим еще раз и запишем последовательно уже 4 фрагмента. Продолжим деления и перестановки, пока не получим выборки из одного элемента, как показано в таблице.

Таблица

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0	2	4	6	8	10	12	14	1	3	5	7	9	11	13	15
0	4	8	12	2	6	10	14	1	5	9	13	3	7	11	15
0	8	4	12	2	10	6	14	1	9	5	13	3	11	7	15
0	8	4	12	2	10	6	14	1	9	5	13	3	11	7	15

Последняя строка таблицы определяет требуемые перестановки (числа в строках таблицы соответствуют индексам элементов в исходном массиве).

Поскольку после последнего деления получены одноэлементные выборки, то ДФТ для них тривиально – результат просто равен исходным значениям. Поэтому можно сразу попарно объединить результаты одноточечных ДПФ и получить 8 двухэлементных спектров, затем попарно объединить их и т.д., пока не будет получен требуемый 16 элементный спектр исходной выборки.

Перестановка элементов исходного массива сводится к обмену значениями между элементами массива  $i$  и  $j$ . Обозначим такие обмены значениями как  $i \leftrightarrow j$ . Для рассматриваемого примера должны быть сделаны следующие обмены, включая тривиальные:  $0 \leftrightarrow 0$ ,  $1 \leftrightarrow 8$ ,  $2 \leftrightarrow 4$ ,  $3 \leftrightarrow 12$ ,  $5 \leftrightarrow 10$ ,  $6 \leftrightarrow 6$ ,  $7 \leftrightarrow 14$ ,  $9 \leftrightarrow 9$ ,  $11 \leftrightarrow 13$ ,  $15 \leftrightarrow 15$ . При внимательном рассмотрении может быть выявлена закономерность перестановок. Все 16 значений индексов (от 0 до 15) могут быть представлены 4-битными двоичными числами от  $0000_2$  до  $1111_2$ . При этом в индексах  $i$  и  $j$  пар перестановок эти двоичные биты всегда записаны в обратном порядке. Действительно  $1(0001_2) \leftrightarrow 8(1000_2)$ ,  $2(0010_2) \leftrightarrow 4(0100_2)$ ,  $3(0011_2) \leftrightarrow 12(1100_2)$ , и т. д. Такое преобразование числа называется двоично-инверсной преобразованием.

Тривиальные перестановки ( $7 \leftrightarrow 14$ ,  $6 \leftrightarrow 6$ ,  $9 \leftrightarrow 9$  и  $15 \leftrightarrow 15$ ) также подходят под это правило ввиду симметричности двоичной записи соответствующих значений ( $6_{10} = 0110_2$ ,  $9_{10} = 1001_2$ ), поэтому двоично-инверсное преобразование их не меняет. Многие сигнальные процессоры имеют аппаратную поддержку режима адресации, позволяющего обращаться к элементам массива в соответствии с двоично-инверсным преобразованием индекса. При программной реализации БПФ на процессорах общего назначения двоично-инверсное преобразование может быть сделано явно с использованием битовых операций. На процессорах или в языках программирования, которые не поддерживают явные битовые операции, можно использовать алгоритм Рэйдера [6], который использует только операции сложения, вычитания и деления на два.

Для БПФ длиной  $k \cdot 2^n$ ,  $n \in \mathbb{Z}_0$  двоично-инверсное преобразование должно применяться к номерам блоков из  $k$  отсчетов. Блоки последовательно нумеруются в выходном массиве (после перестановки). Пары индексов для обмена значений вычисляются по формуле (3)

$$i + j \cdot \frac{N}{k} \leftrightarrow k \cdot i + j, i \in \left[0, \frac{N}{k}\right), j \in [0, k) \quad (1)$$

$$N = k \cdot 2^n, n \in \mathbb{Z}_0$$

где  $N = k \cdot 2^n$ ,  $n \in \mathbb{Z}_0$ ;  $\bar{i}$  – двоично-инверсное преобразование от  $i$ . Но теперь перестановки не будут независимыми. Например, рассмотрим выборку из  $N = 6$  элементов и  $k = 3$ . По формуле (3) получаем следующую цепочку перестановок:  $0 \leftrightarrow 0$ ,  $2 \leftrightarrow 1$ ,  $4 \leftrightarrow 2$ ,  $1 \leftrightarrow 3$ , ... Если просто попарно переставлять элементы входного массива, то перестановки  $2 \leftrightarrow 1$  и  $1 \leftrightarrow 3$  конфликтуют, и таких конфликтов будет довольно много. Поэтому нужно или использовать второй массив для переставленных значений или не выполнять перестановку вообще, а использовать косвенную индексацию элементов массива через таблицу перестановок.

Предлагаемая реализация ДПФ ориентирована на персональный компьютер и не предназначена для использования во встраиваемом ПО систем цифровой обработки сигналов. В этой связи предполагается наличие достаточного объема свободной памяти и для повышения производительности предпочтительно использование второго массива для переставленных значений.

## 2. Чирп-алгоритм Блюстейна

В выражении (1) заменим произведение  $n \cdot k$  тождественным выражением  $\left[ n^2 + k^2 - (n-k)^2 \right] / 2$ , тогда

$$S_k = \sum_{n=0}^{N-1} S_n \cdot W^{n \cdot k} = W^{\frac{k^2}{2}} \sum_{n=0}^{N-1} S_n \cdot W^{\frac{n^2}{2}} \cdot W^{\frac{-(n-k)^2}{2}} \quad (2)$$

Введем обозначения  $g_n = s_n \cdot W^{\frac{n^2}{2}}$  и  $v_n = W^{\frac{n^2}{2}}$ , тогда исходя из выражения (4) ДПФ от выборки  $\{s_n\}$  может быть вычислено на основе свертки последовательностей  $g = \{g_n\}$  и  $\mathbf{v} = \{v_n\}$  (5)

$$c = g \otimes \mathbf{v}, S_k = W^{\frac{k^2}{2}} \cdot c_k \quad (3)$$

Свертка может быть вычислена на основе теоремы о свертке с использованием БПФ. Поскольку длина последовательностей  $\mathbf{g}$  и  $\mathbf{v}$  равна  $N$ , то длина их дискретной свертки составит  $2 \cdot N - 1$  элементов и для ее вычисления можно использовать БПФ с размером выборки  $L = 2^{\lceil \log_2(2 \cdot N - 1) \rceil}$ , т.е. округлить значение  $2 \cdot N - 1$  вверх до числа, выражаемого целой степенью двойки. При этом последовательности  $\mathbf{g}$  и  $\mathbf{v}$  также должны быть расширены до длины  $L$ . Последовательность  $\mathbf{g}$ , может быть, просто дополнена нулями в соответствии с (6)

$$g_n = \begin{cases} s_n \cdot W^{\frac{n^2}{2}}, n < N \\ 0, N \leq n < L \end{cases} \quad (4)$$

Поскольку при вычислении свертки  $n - k$  может принимать отрицательные значения, последовательность  $v_n = W^{n^2/2}$  должна быть расширена и в область отрицательных значений  $n$ , но поскольку теорема о свертке применима только для периодических последовательностей и в рассматриваемом случае период равен  $L$ , то  $v_{-n} = v_{L-n}$  для  $n \neq 0$ , тогда

$$v_n = \begin{cases} \frac{n^2}{W^2}, n < N \\ 0, N \leq n < L - N \\ \frac{(L-n)^2}{W^2}, L - N < n < L \end{cases} \quad (5)$$

Окончательно получаем следующую последовательность действий для вычисления ДПФ произвольного размера:

- вычислить  $L = 2^{\lceil \log_2(2 \cdot N - 1) \rceil}$ ;
- сформировать расширенные последовательности  $g_n$  и  $v_n$  по формулам (6) и (7) соответственно;
- вычислить  $\mathbf{r} = \text{IFFT}_L[\text{FFT}_L[\mathbf{g}] \cdot \text{FFT}_L[\mathbf{v}]]$ ;
- вычислить значения отсчетов спектра  $S_k = r_k \cdot W^{\frac{k^2}{2}}, k \in [0, N)$ .

### 3. Вычисление обратного ДПФ

Обратное ДПФ может быть вычислено через прямое ДПФ по формуле (8)

$$\text{IDFT}(S) = \frac{1}{N} \text{conj}(\text{DFT}(\text{conj}(\mathbf{S}))) \quad (6)$$

где функция  $\text{conj}(\cdot)$  означает комплексное сопряжение. Действительно, по определению обратного ДПФ

$$x_k = \frac{1}{N} \cdot \sum_{n=0}^{N-1} S_n \cdot (W^{n \cdot k}) = \frac{1}{N} \cdot \left( \sum_{n=0}^{N-1} S_n^* \cdot W^{n \cdot k} \right) \quad (7)$$

Таким образом, при наличии реализации прямого ДПФ, всегда можно с минимальными вычислительными издержками получить обратное ДПФ, что и используется в предлагаемом решении.

### 4. Программная реализация

Исходный код предлагаемой реализации ДПФ доступен по ссылке [5]. Основой реализации является функция `fft`, определение которой приведено в листинге 2.

Листинг 2

```
template <size_t Radix>
void fft
(
std::vector<std::complex<COMPLEX_TYPE>>& x,
const fft_lut_t<Radix>& lut,
```

```
std::function<void(std::complex<COMPLEX_TYPE>*)>
base_transform
)
```

Вектор  $x$  при вызове функции содержит отсчеты исходной выборки, а после завершения функции – отсчеты спектра, lut - справочная таблица (будет описана далее), base\_transform - базовое - точечное преобразование ( $k$  соответствует параметру шаблона Radix). В реализацию включены базовые преобразования для Radix 2, 3 и 5. При необходимости функции базового преобразования для других Radix могут быть добавлены без изменения кода функции fft.

Параметр шаблона COMPLEX\_TYPE может быть float, double или long double и задан через макроопределение DPF\_COMPLEX\_TYPE, например, #define DPF\_COMPLEX\_TYPE float. Если макрос DPF\_COMPLEX\_TYPE не определен, то используется значение double.

Функция fft выполняет двоично-инверсную перестановку входных данных, выполняет базовые преобразования (вызывает base\_transform) и последовательно объединяет полученные результаты до получения целевого спектра.

При наличии в компьютере нескольких логических процессоров вычисления могут выполняться параллельно. Поскольку организация параллельных вычислений связана с накладными расходами, выполнять параллельные вычисления имеет смысл только при достаточно большом размере выборки. Порог размера выборки для одного логического процессора, при превышении которого запускаются параллельные вычисления, определяется в зависимости от размерности базового преобразования и может быть задан с использованием макроопределений DFT\_RADIX\_2\_MULTITHREAD\_THRESHOLD, DFT\_RADIX\_3\_MULTITHREAD\_THRESHOLD и DFT\_RADIX\_5\_MULTITHREAD\_THRESHOLD. По умолчанию установлены значения 8192, 6144 и 5120 соответственно.

Как показали измерения, использование справочных таблиц, хранящих заранее вычисленные значения комплексных экспонент и таблицы перестановок, сокращает время выполнения преобразования более, чем в 2 раза. Определение справочной таблицы приведено в листинге 3.

### Листинг 3

```
// базовая справочная таблица (lookup table, LUT)
// хранит отсчеты комплексной экспоненты
// используется как для FFT так и для chirp Z-transform
class lut_t
{
public:
```

```

        std::vector<std::complex<COMPLEX_TYPE>> w;

        virtual void init(size_t len) = NULL;
};

// справочная таблица для FFT
// добавляет таблицу перестановок и
// данные для параллельных вычислений
template <size_t Radix>
class fft_lut_t : public lut_t
{
public:

        std::vector<size_t> permutations;

        size_t n;

#ifdef USE_MULTITHREAD
        size_t n_cpu;
        size_t per_cpu_n;
        size_t per_cpu_block_size;
#endif

        size_t radix() { return Radix; }
        size_t radix() const { return Radix; }

        // инициализация зависит от Radix
        virtual void init(size_t len);
};

// справочная таблица для ДПФ на основе
// chirp Z-преобразования
class dft_chirp_z_lut_t : public lut_t
{
public:

        virtual void init(size_t len);
};

```

Справочные таблицы хранятся в кэше справочных таблиц, ключом для поиска таблицы в кэше является размерность ДПФ. Для каждого варианта Radix должен использоваться собственный кэш. Реализация кэша приведена в листинге 4.

Листинг 4

```

// кэш справочных таблиц
template <class T>
class lut_cache_t
{
public:

```



```

// возвращает ссылку на справочную таблицу из кэша
// при отсутствии в кэше нужной таблицы
// создает новую таблицу и заносит ее в кэш
const T& get_lut(size_t len)
{
    auto lut_entry = lut.find(len);
    if (lut_entry == lut.end())
    {
        auto& new_lut = lut[len];
        new_lut.init(len);

        return new_lut;
    }
    return lut_entry->second;
}

protected:
    std::map<size_t, T> lut;
};

```

Чирп-алгоритм реализуется функцией `dft_chirp_z`, прототип которой приведен в листинге 5.

Листинг 5

```

void dft_chirp_z
(
    std::vector<std::complex<COMPLEX_TYPE>>& x,
    const dft_chirp_z_lut_t& lut,
    const fft_lut_t<2>& fft_lut
)

```

Поскольку чирп-алгоритм реализуется на основе БПФ, используются две справочные таблицы. Как и при реализации БПФ, при больших выборках и при наличии в компьютере нескольких логических процессоров вычисления в `dft_chirp_z` выполняются параллельно за счет расщепления циклов. Порог перехода к параллельным вычислениям в `dft_chirp_z` может быть задан с помощью макроопределения `DFT_CHIRP_Z_MULTITHREAD_THRESHOLD` (по умолчанию 16384 отсчетов на один логический процессор).

Для удобства использования ДПФ вне зависимости от размерности и типа базового преобразования реализована функция-обертка `dft`, определение которой приведено в листинге 6.

Листинг 6

```

void dft(std::vector<std::complex<COMPLEX_TYPE>>&& x)

```

Функция `dft` скрывает от пользователя использование кэшей справочных таблиц и выбор типа преобразования. По сути, это одна из

двух функций (вторая idft), которые вызывают пользователи в своих программах. Таким образом, использование предлагаемой реализации ДПФ предельно простое: достаточно подключить файл dft.h (#include “dft.h”) и использовать две функции – dft и idft.

### 5. Оценки производительности

Оценка производительности выполнялась экспериментально на ноутбуке Lenovo IdeaPad S340 с процессором Intel(R) Core(TM) i5-1035G1 (8 логических процессоров) и объемом памяти 8 ГБ. Использовался компилятор MSVC для платформы x64. Среднее время выполнения одного преобразования в зависимости от длины выборки показано на рис. 2.

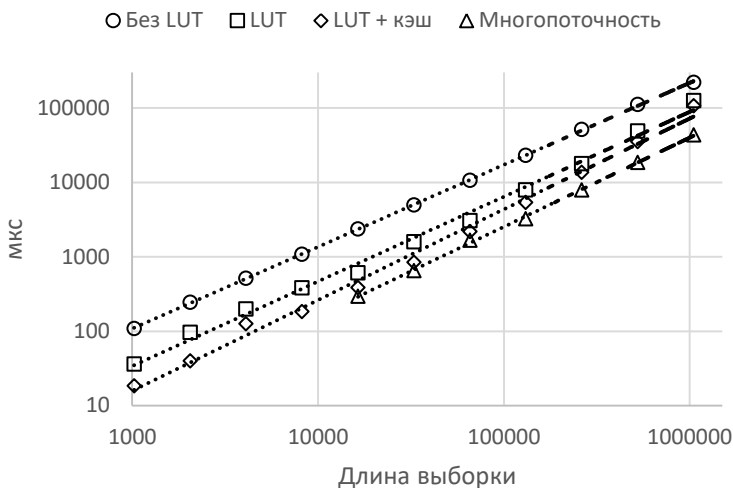


Рис. 2. Среднее время выполнения ДПФ

Измерения подтвердили эффективность каждого из предложенных механизмов повышения производительности: использование справочных таблиц (LUT), использование кэша справочных таблиц и использование параллельных вычислений. Измеренный выигрыш в производительности составил 5-8 раз.

### Заключение

Предложена вычислительно-эффективная переносимая реализация прямого и обратного ДПФ на языке C++, не привязанная к аппаратной платформе или операционной системе и не требующая инсталляции

дополнительных программных пакетов. Исходный код доступен по ссылке [5]. Измерения подтвердили высокий уровень производительности предложенной реализации.

### Список литературы

1. Cooley J.W. An Algorithm for the Machine Calculation of Complex Fourier Series / J.W. Cooley, J.W. Tukey // Mathematics of Computation – 1965 – Vol. 19, No. 90, pp. 297–301.
2. Блейхут Р. Быстрые алгоритмы цифровой обработки сигналов: Пер. М.: Мир, 1989. 448 с., ил. с англ.
3. Bluestein L.I. A Linear Filtering Approach to the Computation of Discrete Fourier Transform / L.I. Bluestein // IEEE Transactions on Audio and Electroacoustics – 1970 – Vol. 18, No. 4, pp. 451-455.
4. Löfgren J. On hardware implementation of radix 3 and radix 5 FFT kernels for LTE systems / J. Löfgren, P. Nilsson // 2011 NORCHIP, Lund, Sweden – 2011 – pp. 1-4.
5. Исходный код программы ДПФ [Электронный ресурс]: облачное хранилище – Режим доступа: <https://drive.google.com/file/d/14JHTbEXuRUUo0noqvoQooXaumc5AMm1M/view?usp=sharing>
6. Д. Рабинер, Б. Гоулд. Теория и применение цифровой обработки сигналов, М.: Мир, 1978, 848 с.

# Влияние гистерезисного звена на поведение нелинейной системы с внутренним резонансом

Е. А. Смирнова, e-mail: lena246323@yandex.ru

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»

**Аннотация.** *В данной статье рассматривается влияние гистерезисного звена на поведение системы связанных нелинейных осцилляторов с внутренним резонансом. В качестве модели гистерезисного звена выбрана модель Боука-Вена.*

**Ключевые слова:** *гистерезис, внутренний резонанс, нелинейная система, модель Боук-Вена*

## Введение

Одним из важнейших понятий в теории механических колебаний является понятие резонанса (от лат. «resono» - отклик). Впервые данное явление описал Г. Галилей в своих трудах, где исследовал динамику простых маятников. Более детально история механического резонанса описана в работе А.С. Смирнова и Б.А. Смольникова [1].

Под классическим определением "резонанса" можно понимать отклик колебательной системы на периодическое воздействие внешней силы, которое проявляется в синхронизации собственной частоты (спектра частот) колебаний системы с частотой внешнего воздействия, что влечет за собой резкое возрастание амплитуды вынужденных колебаний этой системы.

На сегодняшнее время написано достаточное количество работ, из которых можно сделать вывод, что такое явление как "резонанс" может быть как полезным, так и вредным явлением, поэтому с теоретической и практической точки зрения, существует высокий интерес к его исследованию в различных механических системах.

Также важно отметить, что нелинейные зависимости гистерезисного типа повсеместно возникают в различных разделах физики, механики, биологии и др. науках. Учет гистерезисных эффектов необходим во многих проблемах: гистерезис в задачах управления и биологии, ферромагнитный и диэлектрический гистерезис в физике, пластический гистерезис в механике и т.п. Для описания гистерезиса выбрана модель Боука-Вена [2-3].

В данной статье исследовано влияние гистерезисного звена на поведение нелинейной динамической системы, демонстрирующей

внутренний резонанс при определенном соотношении частот, а также возможно ли стабилизировать поведение нелинейной системы с внутренним резонансом, влияет ли гистерезис на параметры внутреннего резонанса.

### 1. Постановка задачи

Рассмотрим два связанных между собой нелинейных осциллятора с частотами  $\omega_1, \omega_2$ , которые описываются дифференциальными уравнениями второго порядка с нелинейной правой частью:

$$\begin{cases} \ddot{x} + \omega_1^2(1 + \varepsilon y)^2 x + \alpha z = -2\mu\dot{x} - \alpha_1 x^3 + \alpha_2 y, \\ \ddot{y} + \omega_2^2 y = -2\mu\dot{y} + \alpha_3 x - \alpha_4 y^3. \end{cases} \quad (1)$$

где  $\alpha_1, \alpha_4 > 0$  - коэффициенты при нелинейных слагаемых,  $\alpha_2, \alpha_3 > 0$  - связь между осцилляторами,  $\mu$  - коэффициент вязкого трения,  $z$  - гистерезисное звено, для его описания была выбрана модель Боука-Вена [2-3]:

$$\dot{z} = \sigma\dot{x} - \beta\dot{x}|z|^n - \gamma z|\dot{x}||z|^{n-1} \quad (2)$$

где  $\sigma, \beta, \gamma, n$  - параметры, характеризующие модель Боука-Вена ( $n \in \mathbb{N}$ ),  $\alpha$  - отражает влияние гистерезисного слагаемого,  $\varepsilon$  - малый параметр.

Таким образом, система нелинейных дифференциальных уравнений, описывающая колебания двух связанных осцилляторов с гистерезисным звеном имеет вид:

$$\begin{cases} \ddot{x} + \omega_1^2(1 + \varepsilon y)^2 x + \alpha z = -2\mu\dot{x} - \alpha_1 x^3 + \alpha_2 y, \\ \ddot{y} + \omega_2^2 y = -2\mu\dot{y} + \alpha_3 x - \alpha_4 y^3, \\ \dot{z} = \sigma\dot{x} - \beta\dot{x}|z|^n - \gamma z|\dot{x}||z|^{n-1}; \end{cases} \quad (3)$$

Решая численно вышеописанную систему при значениях  $\alpha = 0.5$ ,  $\omega_1 \approx 2\omega_2 = 1$  (практически получено, что при таком соотношении частот в системе возникает внутренний резонанс [4]) получаем следующие графические данные:

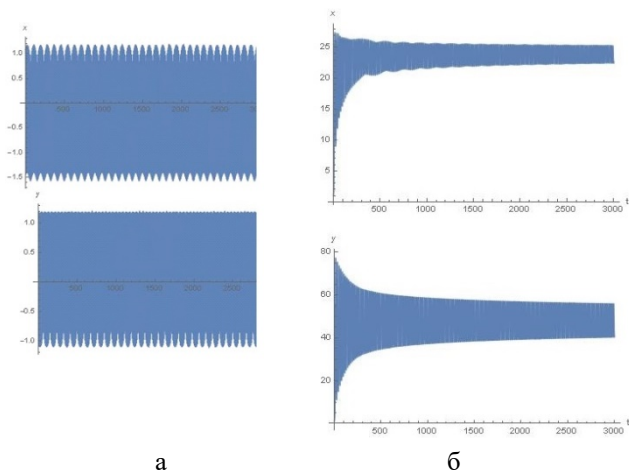


Рис. 1. График численного решения  $x$ ,  $y$  системы дифференциальных уравнений (3): а - без гистерезисного звена,  $\alpha = 0, \omega_1 = 1, \omega_2 = 0.5$ , б - с гистерезисным звеном,  $\alpha = 0.5, \omega_1 = 1, \omega_2 = 0.5$

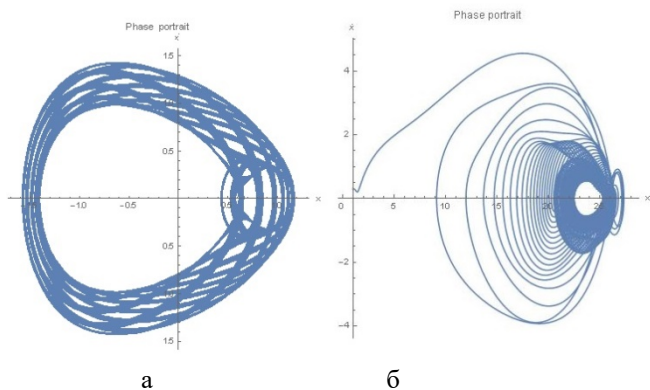


Рис. 2. Фазовый портрет системы дифференциальных уравнений (3), а - без гистерезисного звена,  $\alpha = 0, \omega_1 = 1, \omega_2 = 0.5$ , б - с гистерезисным звеном,  $\alpha = 0.5, \omega_1 = 1, \omega_2 = 0.5$

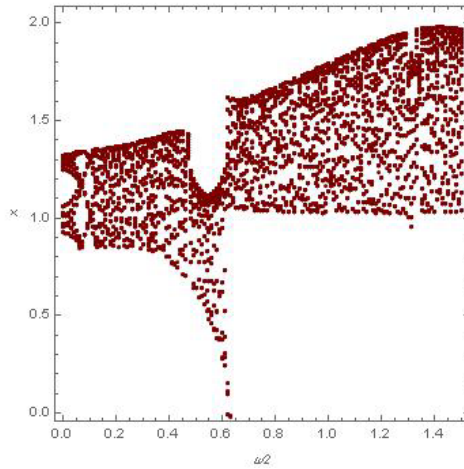


Рис. 3. Бифуркационная диаграмма системы без гистерезисного звена (по оси абсцисс - данные значений параметра  $\omega_2$ , по оси ординат - значения динамической переменной  $x$ )

$$\alpha = 0, \omega_1 = 1, \omega_2 = 0.5$$

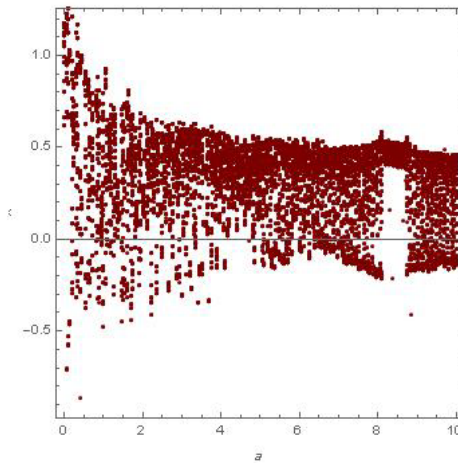


Рис. 4. Бифуркационная диаграмма системы с гистерезисным звеном (по оси абсцисс - данные значений параметра  $\alpha$ , по оси ординат - значения динамической переменной  $x$ )

$$\omega_1 = 1, \omega_2 = 0.5$$

### **Заключение**

Проведенное моделирование поведения нелинейной динамической системы дифференциальных уравнений (3), описывающей колебания двух связанных между собой нелинейных осцилляторов, показывает, что при наличии в системе гистерезисного звена, который описывается моделью Боука-Вена, происходит стабилизация системы.

### **Список литературы**

1. Смирнов А. С. История механического резонанса – от первоначальных исследований до авторезонанса / А. С. Смирнов, Б. А. Смольников // Чебышевский сборник, 2022, т. 23, вып. 1, с. 269–292.
2. Соловьёв, А. М. Модель динамики биологической нейронной сети с гистерезисными связями / А. М. Соловьёв, Е.Г. Кабулова, М.Е. Семенов// Вестник ВГУ. Серия: Системный анализ и информационные технологии. - 2018. - №1. С. 133 - 141.
3. Семенов М.Е. Динамические особенности систем гистерезисно связанных осцилляторов Ван дер Поля / М.Е. Семенов, П.А. Мелешенко, А.М. Соловьёв, О.О. Решетова // Математическое моделирование физико-технических процессов и систем: сб. тр. ИТНТ-2019 V Международной конференции и молодёжной школы "Информационные технологии и нанотехнологии" (Самара, 21–24 мая 2019 г.). - Самара, 2019. - С. 483-488.
4. Найфэ А. Введение в методы возмущений / А. Найфэ // Пер. с англ. – М. : Мир, 1984, 535 с., ил.



## Регрессионное моделирование дальности видимости с учетом дисконтирования метеорологических данных

А. В. Соловьев, e-mail: av-solovev@mail.ru

И. С. Косован, Н. В. Толстых

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «ВВА»

**Аннотация.** *Рассматривается научно-математический аппарат краткосрочного прогнозирования метеорологической дальности видимости на основе регрессионной модели изменчивости метеорологической величины с учетом дисконтирования. Полученные прогностическая информация на основе данной модели позволяет повысить безопасность полетов летательных аппаратов в сложных метеорологических условиях при ограниченном объеме исходных данных.*

**Ключевые слова:** *ограниченный объем исходной метеоинформации, прогнозирование, регрессионная модель, дисконтирование, метеорологическая дальность видимости, весовой коэффициент.*

### Введение

Учет метеорологической дальности видимости необходим при выполнении различного рода задач в различных сферах деятельности человека. Особенно важна хорошая видимость при организации полетов авиации. Ее значительное ухудшение существенно осложняет взлет-посадку для летательных аппаратов любого типа [1]. Заблаговременное предсказание метеорологической дальности видимости (МДВ) ниже установленных для воздушных судов и экипажей минимумов, либо ее улучшение позволит повысить уровень безопасности полетов.

Традиционные способы прогнозирования МДВ ( $V$ ) основываются на синоптических, физико-статистических и гидродинамических подходах, предполагающих использование в качестве исходных данных большого объема различного архивного материала [2]. В районах с разреженной сетью метеорологических станций получение необходимой информации для их реализации сложно выполнимо.

Исходя из вышесказанного, научные исследования, посвященные поиску более совершенных прогностических способов, использующих ограниченное количество метеоинформации, являются актуальными.

Целью данной работы является разработка регрессионной модели изменчивости метеорологической величины с учетом дисконтирования данных при использовании ограниченном количестве метеоинформации и проверка ее на адекватность.

### 1. Разработка регрессионной модели изменчивости метеорологической величины с учетом дисконтирования данных

Для решения задачи по краткосрочному прогнозированию МДВ с заблаговременностью до 3 часов при наличии ограниченного объема исходной информации, либо при отсутствии возможности получения квалифицированной консультации в метеорологическом подразделении было предложено использовать регрессионную модель изменчивости метеорологической величины с учетом дисконтирования данных. Эта модель основана на положениях теории анализа временных рядов и метода аналитического сглаживания.

Схематично порядок прогнозирования МДВ с использованием регрессионной модели с учетом дисконтирования изображен на рис. 1. В качестве исходных данных для предложенной модели используется временной ряд метеорологической величины  $V = (v_1, v_2, \dots, v_n)$ . Согласно представленной схеме для прогнозирования с заблаговременностью  $p$  сроков необходимо  $l$  последовательно полученных значений  $V$ . По данным наблюдений  $V = (v_1, v_2, \dots, v_n)$  формируется выборочная совокупность  $v_1, v_2, \dots, v_k$ , при  $k < n$ . При этом индекс  $k$  соответствует номеру периода текущего времени.

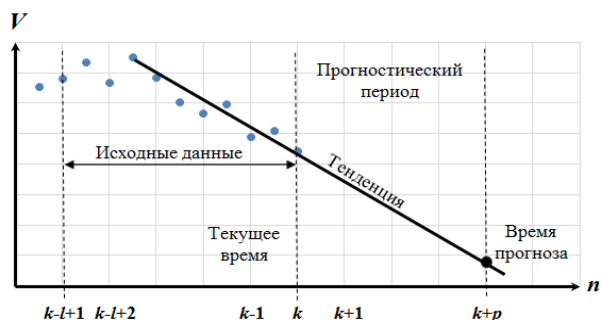


Рис. 1. Схема прогнозирования значений метеорологической величины при использовании регрессионной модели с учетом дисконтирования данных

В прогнозе метеорологической величины на срок  $(k + p)$  используются данные фактических наблюдений во временном интервале от  $(k - l + 1)$  до  $k$ . Стоит отметить, что при первом расчете параметр  $k$  равен номеру периода  $l$ . При дальнейшем прогнозировании  $k$  растет при фиксированном значении  $l$ . Для каждого полученного результата, достигшего критического значения (установленного минимума), выполняется расчет наступления данного события.

Для формализации модели изменчивости метеорологической величины с учетом дисконтированных данных использовалось в качестве основы уравнение линейной регрессии первого порядка следующего вида:

$$v_{k+p} = a_k(k + p) + b_k, \quad (1)$$

где  $v_{k+p}$  – прогностическое значение метеорологической величины;  $a_k$  и  $b_k$  – коэффициенты уравнения.

С использованием метода наименьших квадратов были получены уравнения коэффициентов линейной модели (1), адаптированные под задачи проводимого исследования [3-6]:

$$a_k = \frac{l \left( \sum_{j=k-l+1}^k j \cdot v_j \right) - \left( \sum_{j=k-l+1}^k j \right) \left( \sum_{j=k-l+1}^k v_j \right)}{l \cdot \left( \sum_{j=k-l+1}^k j^2 \right) - \left( \sum_{j=k-l+1}^k j \right)^2}, \quad (2)$$

$$b_k = \frac{1}{l} \sum_{j=k-l+1}^k v_j - \frac{a_k}{l} \left( \sum_{j=k-l+1}^k j \right)$$

где  $v_j$  – значение метеорологической величины  $j$ -го периода наблюдения.

После применения правил о суммах прогрессии, для которых справедливы равенства:  $\sum_{j=k-l+1}^k j = l \left( k - \frac{l-1}{2} \right)$  и

$$\sum_{j=k-l+1}^k j^2 = \frac{l(l-1)(2l-1)}{6} + (k+1)kl - kl^2, \text{ и выполнения математических}$$

преобразований были получены конечные формулы для определения  $a_k$  и  $b_k$ :

$$a_k = \frac{\left( \sum_{j=k-l+1}^k j \cdot v_j \right) - \left( k - \frac{l-1}{2} \right) \left( \sum_{j=k-l+1}^k v_j \right)}{6l(2l^2 - 3l + 1) - \frac{(2k-l+1)^2}{4l^2} + kl(k-l+1)} \cdot \quad (3)$$

$$b_k = \frac{1}{l} \sum_{j=k-l+1}^k v_j - a_k \left( k - \frac{l-1}{2} \right)$$

При этом в формуле (3) переменная  $j$  выступает аналогом весового коэффициента (дисконтом). Чем выше порядковый номер  $j$ , тем более информативно значимым считается значение величины  $x_j$ .

В конечном виде регрессионная модель изменчивости атмосферного параметра с учетом дисконтирования метеоданных выглядит следующим образом:

$$v_{k+p} = \frac{\left( \sum_{j=k-l+1}^k (j \cdot v_j) \right) - \left( k - \frac{l-1}{2} \right) \left( \sum_{j=k-l+1}^k v_j \right)}{l^3 - l} \cdot \quad (4)$$

$$\cdot (12p + 6l - 6) + \frac{1}{l} \sum_{j=k-l+1}^k v_j$$

Полученная модель может быть использована для краткосрочного прогнозирования МДВ в сложных метеорологических условиях.

## 2. Оценивание адекватности прогностической модели

Для проверки адекватности предложенной модели (4) при решении прогностических задач было выполнено ряд экспериментов. В качестве исходных данных рассматривались результаты 15-минутных, 30-минутных и ежечасных наблюдений за МДВ при сложных метеорологических условиях (ВНГОхМДВ – 300х3 и менее) на станции 22113 (г. Мурманск) за период с 2016 по 2021 г. Пример результатов вычислений при уровне значимости  $\alpha=0,05$  показан на рис. 2.

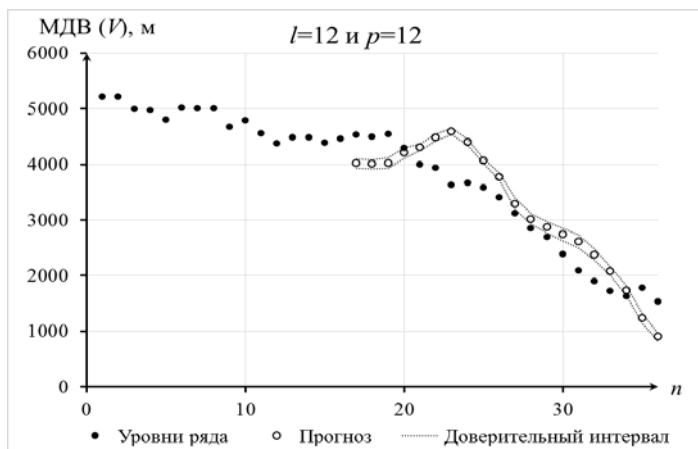


Рис. 2. Пример прогнозирования значений МДВ с использованием регрессионная модель изменчивости атмосферного параметра с учетом дисконтирования метеоданных

В ходе проведенных вычислительных экспериментов было проанализировано влияние параметров  $l$  и  $p$  на результаты, получаемые с помощью выражения (4). При увеличении числа сроков наблюдений  $l$  прослеживалось уменьшение абсолютной ошибки прогнозирования, но при этом предложенная модель медленнее адаптировалась к сменившейся тенденции. Уменьшение  $l$  приводило к снижению точности прогностических результатов и повышению скорости реагирования на качественные изменения, возникающие на хронологических рядах МДВ. Параметр  $p$  характеризует заблаговременность периода предсказания. При росте данного параметра наблюдалось повышение абсолютной ошибки прогнозируемых значений, особенно при большой нестабильности значений временного ряда. Однако при устойчивой тенденции увеличение  $p$  не оказывало влияния на точность получаемых результатов прогнозирования.

На основе выполненного анализа определялось оптимальное число необходимых сроков наблюдений и их интенсивность, а также заблаговременность прогнозирования. В качестве показателей успешности рассматривались общая оправдываемость и средняя абсолютная ошибка [7]. Результаты вычислений сведены в общую матрицу, представленную в табл. 1.

Таблица 1

*Показатели успешности прогнозирования значений МДВ*

Число наблюдений	Критерий успешности					
	Общая оправдываемость			Средняя абсолютная ошибка, м		
	15-мин. наблюдения	30-мин. наблюдения	ежечасные наблюдения	15-мин. наблюдения	30-мин. наблюдения	ежечасные наблюдения
<i>Для прогнозов с заблаговременностью до 1 часа</i>						
4 срока	92%	90%	88%	350	370	420
8 срока	94%	93%	87%	240	400	490
12 сроков	93%	91%	84%	280	480	630
14 сроков	90%	91%	85%	340	520	860
<i>Для прогнозов с заблаговременностью до 2 часов</i>						
4 срока	90%	87%	68%	360	540	1250
8 срока	92%	89%	73%	340	540	940
12 сроков	91%	81%	72%	370	670	980
14 сроков	91%	82%	71%	390	710	1240
<i>Для прогнозов с заблаговременностью до 3 часов</i>						
4 срока	88%	80%	66%	440	800	1700
8 срока	90%	82%	70%	360	750	1340
12 сроков	88%	78%	68%	460	880	1370
14 сроков	87%	81%	66%	510	810	1780

Согласно табл. 1, наилучших показателей прогнозирования значений МДВ удалось достичь при использовании за 8 последовательных 15-минутных наблюдений. Общая оправдываемость в среднем повысилась на 5-16 %, а средняя абсолютная ошибка уменьшилась на 252-713 м, по сравнению с 30-минутными и ежечасными временными интервалами. По отношению к количеству используемых сроков наблюдений (4, 12 и 14) оправдываемость увеличилась на 1-3 %, а ошибка снизилась на 87-217 м.

## **Заключение**

В ходе проведенного исследования была разработана регрессионная модель изменчивости атмосферного параметра с учетом дисконтирования метеоданных, позволяющая получать прогностические значения МДВ на срок до 3 часов при ограниченном объеме метеоинформации. Для реализации предложенной модели в качестве исходного материала необходимо 8 последовательных 15-минутных наблюдений. Общая оправдываемость прогнозов при данном количестве наблюдений за МДВ достигает 90-94 % при средней абсолютной ошибке 240-360 м. Полученные результаты согласно руководящему документу РД 52.27.284-91 [7] являются допустимыми, а используемая регрессионная модель (4) для краткосрочного прогнозирования МДВ на срок до 3 часов может считаться адекватной.

## **Список литературы**

1. Баранов, А. М. Видимость в атмосфере и безопасность полетов / А. М. Баранов. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1991. – 205 с.
2. Панин, Б. Д. Численные методы прогноза погоды / Б.Д. Панин, П.Н. Белов, Е.П. Борисенков. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1989. – 376 с.
3. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика: Учебник для СПО / В.Е. Гмурман. – Люберцы: Юрайт, 2016. – 479 с.
4. Садовникова Н. А. Анализ временных рядов и прогнозирование / Н. А. Садовникова, Р. А. Шмойлова. – М.: МФПУ Синергия, 2016. – 152 с.
5. Балдин К.В. Теория вероятностей и математическая статистика: Учебник / К.В. Балдин, В.Н. Башлыков. – М.: Дашков и К, 2016. – 472 с.
6. Соловьев А. В. Моделирование временных рядов метеорологических величин с использованием элементов технического анализа / А.В. Соловьев // Информатика: проблемы, методология, технологии: сборник материалов XXI международной научно-методической конференции, 11-12 февраля 2021 г., Воронеж. – Воронеж: ООО «ВЭЛБОРН», 2021. – С. 601-607.
7. Методические указания по проведению производственных (оперативных) испытаний новых и усовершенствованных методов гидрометеорологических и гелиогеофизических прогнозов (РД 52.27.284-91) / Под ред. В.И. Кузьменко. – Санкт Петербург: Гидрометеиздат, 1991. – 151 с.

# Компьютерное моделирование состояние цилиндрических тел при комбинированном воздействии

Д. И. Соломатин, e-mail: solomatin.cs.vsu.ru@gmail.com

А. А. Верлин, Р. Г. Меджидов, Ю. В. Некрасов

Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия

**Аннотация.** В рамках теории малых упругопластических деформаций предложен алгоритм численного решения задачи определения термо-упругопластического состояния толстостенной цилиндрической трубы, подверженной комбинированной нагрузке. Пластические деформации и напряжения связаны нормальным законом. Рассматриваются гладкие нелинейные функции пластичности. Учитывается зависимость всех параметров материала от температуры.

**Ключевые слова:** нелинейное условие пластичности, ассоциированный закон пластического деформирования, температурная зависимость параметров материала, теория малых деформаций, сжимаемое упругопластическое тело.

## Введение

Имеется большое количество работ, в которых анализируется упругопластическое состояние цилиндрических тел. Так в работе [1] в рамках теории пластического течения и условия пластичности Мизеса изучалось влияние упругой сжимаемости материала и коэффициента линейного упрочнения на напряженно-деформированное состояние упругопластического пространства с цилиндрической полостью. Было показано сильное влияние упругой сжимаемости материала и незначительное влияние линейного упрочнения. В последние годы много работ связано с рассмотрением теплового влияния на состояние цилиндрических тел [2-7]. Большая часть работ связана с выбором кусочно-линейных функций пластичности [3-7], что позволяет получить аналитическое решение ряда задач. Учет температурной зависимости упругих параметров материала, а также выбор нелинейных функций пластичности, в основном, требует численного решения задач.

## 1. Принятые обозначения

$O\rho\theta z$  – цилиндрическая система координат,

$b$  – внешний радиус цилиндра,



$a$  – внешний радиус цилиндра,  
 $E$  – модуль Юнга,  
 $\nu$  – коэффициент Пуассона,  
 $\alpha$  – коэффициент линейного теплового расширения,  
 $k$  – предел пластичности,  
 $T$  – температура  
 $p_a, T_a$  – давление и температура на границе  $\rho = a$  ,  
 $p_b, T_b$  – давление и температура на границе  $\rho = b$  ,  
 $\sigma_\rho, \sigma_\theta, \sigma_z$  , – компоненты тензора напряжений,  
 $\varepsilon_\rho, \varepsilon_\theta, \varepsilon_z$  , – компоненты тензора деформаций,  
 $\varepsilon_\rho^p, \varepsilon_\theta^p, \varepsilon_z^p$  , – компоненты тензора пластических деформаций,  
 $u$  – радиальная компонента вектора перемещений.

## 2. Постановка задачи

Толстостенная круговая труба находится под тепловым и силовым воздействиями. Необходимо найти поля напряжений, деформаций и перемещений. Для решения задачи выбирается цилиндрическая система координат  $\rho, \theta, z$  , ось  $z$  которой направлена по оси симметрии трубы (цилиндра). На границах  $\rho = a$  и  $\rho = b$

$$\sigma_\rho |_{\rho=a} = -p_a,$$

$$\sigma_\rho |_{\rho=b} = -p_b,$$

$$T |_{\rho=a} = T_a,$$

$$T |_{\rho=b} = T_b.$$

Все параметры материала зависят от температуры

$$E = E(T), \quad \nu = \nu(T), \quad k = k(T), \quad \alpha = \alpha(T).$$

Принимается теория малых деформаций и гипотеза естественного состояния. Рассматривается случай плоского деформированного состояния.

## 3. Безразмерные величины

Все величины приводятся к безразмерному виду. В качестве характерного масштаба напряжений принимается значение предела пластичности. За масштаб длины выбирается значение внешнего радиуса трубы. За масштаб температуры –  $1^\circ\text{C}$ . Поскольку деформации  $\varepsilon_i$  , являясь безразмерными величинами, имеют значения порядка  $E^{-1}$  , то в дальнейших численных расчетах рассматривается деформации

и перемещения умноженные на безразмерный модуль Юнга, т.е. используется запись  $E\varepsilon_i, Eu$ . Для удобочитаемости формул за безразмерными величинами сохраняются обозначения соответствующих размерных величин.

#### 4. Основные соотношения

Для рассматриваемой осесимметрической задачи уравнение равновесия запишем в виде

$$\rho \frac{d\sigma_\rho}{d\rho} + \sigma_\rho - \sigma_\theta = 0. \quad (1)$$

В случае плоского деформированного состояния соотношения Коши, определяющие деформации через перемещения, имеют вид

$$\varepsilon_\rho = \frac{du_\rho}{d\rho}, \quad \varepsilon_\theta = \frac{u_\rho}{\rho}, \quad \varepsilon_z = 0. \quad (2)$$

Перемещения удовлетворяют условию совместности деформаций

$$\rho \frac{d\varepsilon_\theta}{d\rho} + \varepsilon_\theta - \varepsilon_\rho = 0. \quad (3)$$

Если учитывается тепловое воздействие, то упругие деформации связаны с напряжениями линейными соотношениями Дюамеля-Неймана

$$\begin{aligned} E\varepsilon_\rho^e &= \sigma_\rho - \nu(\sigma_\theta + \sigma_z) + E\alpha T, \\ E\varepsilon_\theta^e &= \sigma_\theta - \nu(\sigma_\rho + \sigma_z) + E\alpha T, \\ E\varepsilon_z^e &= \sigma_z - \nu(\sigma_\theta + \sigma_\rho) + E\alpha T, \end{aligned} \quad (4)$$

Когда в упругой области необратимых деформаций нет, то упругие деформации являются полными, поэтому в случае плоской деформации

$$\varepsilon_z^e = 0 \quad (5)$$

и тогда из третьего равенства (4), учитывая (5), следует, что

$$\sigma_z = \nu(\sigma_\theta + \sigma_\rho) - E\alpha T.$$

#### 5. Поле температур

Для рассматриваемых граничных условий стационарное поле температур определяется из решения уравнения

$$F_3 = 0.$$

Если коэффициент температурного расширения  $\kappa = const$ , то

$$T = \frac{Ta \ln(\rho/b) - Tb \ln(\rho/a)}{\ln(a/b)}.$$

### 6. Упругая область

Подставив деформаций из соотношений закона Дюамеля-Неймана (4) в условия совместности деформаций (3) и, учитывая уравнение равновесия (1), получим систему уравнений

$$\begin{cases} \rho \frac{d\sigma_\rho}{d\rho} + \sigma_\rho - \sigma_\theta = 0, \\ (1-\nu)\rho \frac{d\sigma_\theta}{d\rho} - \nu \left(1 + \frac{2\rho}{1+\nu} \frac{d\nu}{d\rho}\right) \sigma_\theta + \left(\nu - \frac{\rho}{1+\nu} \frac{d\nu(1+\nu)}{d\rho}\right) \sigma_\rho + \\ \frac{\rho}{1+\nu} \frac{d(1+\nu)E\alpha T}{d\rho} = 0. \end{cases} \quad (6)$$

В упругой области определение напряжений деформаций и перемещений связано с решением системы уравнений (2), (4), (6).

### 7. Эквивалентное напряжение

Для оценки напряженного состояния в упругом теле вводится эквивалентное напряжение. При изменении значения внешних параметров (параметров нагрузки), характеризующих внешнее воздействие на рассматриваемый объект, задание эквивалентного напряжения, позволяет рассматривать процесс нагружения, нейтрального нагружения и разгрузки в каждой точке упругой области.

Для упругопластического тела в качестве эквивалентного напряжения в упругой области естественно выбрать функцию пластичности.

### 8. Условие пластичности

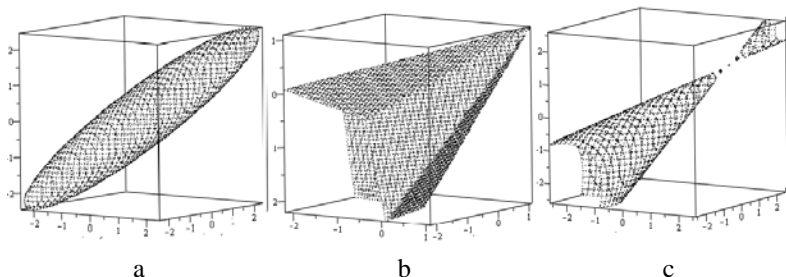
Предлагаемый алгоритм решения задачи допускает выбор любого условия пластичности идеального упругопластического тела. Для определенности, в качестве примера рассматривается однородная функция пластичности.

$$F_1 = \frac{\left((\sigma_\theta - \sigma_\rho)^{2n} + (\sigma_\theta - \sigma_z)^{2n} + (\sigma_z - \sigma_\rho)^{2n}\right)^{\frac{1}{n}} + \xi(\sigma_\theta + \sigma_\rho + \sigma_z)^2}{\xi + 2} - k^2,$$

$$F_2 = \frac{\left((\sigma_\theta - \sigma_\rho)^{2n} + (\sigma_\theta - \sigma_z)^{2n} + (\sigma_z - \sigma_\rho)^{2n}\right)^{\frac{1}{n}} + \xi(\sigma_\theta + \sigma_\rho + \sigma_z)}{\xi + 2} - k,$$

$$F_3 = \frac{\left( (\sigma_\theta - \sigma_\rho)^{2n} + (\sigma_\theta - \sigma_z)^{2n} + (\sigma_z - \sigma_\rho)^{2n} \right)^{\frac{1}{n}} + (\xi(\sigma_\theta + \sigma_\rho + \sigma_z) - k)^2}{2 + (1 - \xi)^2}.$$

На рис. 1 показано изображение поверхностей пластичности в пространстве главных напряжений. Поверхность пластичности, определяемая уравнением  $F_3 = 0$ , не является выпуклой.



a)  $F_1 = 0, n = 1, \xi = 0.02$ ; b)  $F_2 = 0, n = 40, \xi = 0.3$ ; c)  $F_3 = 0, n = 1, \xi = 0.25$

Рис. 1. Поверхности пластичности

## 9. Пластическая область

В пластической области деформации определяются суммой упругой и пластической составляющих

$$\varepsilon_\rho = \varepsilon_\rho^e + \varepsilon_\rho^p, \quad \varepsilon_\theta = \varepsilon_\theta^e + \varepsilon_\theta^p, \quad \varepsilon_z = \varepsilon_z^e + \varepsilon_z^p.$$

Напряжения, деформации и перемещения определяются из решения системы уравнений

$$\begin{cases} \rho \frac{d\sigma_\rho}{d\rho} + \sigma_\rho - \sigma_\theta + m\rho^2 = 0, \\ F = 0, \\ \rho \frac{d\varepsilon_\theta}{d\rho} + \varepsilon_\theta - \varepsilon_\rho = 0. \end{cases}$$

Упругие деформации определяются через напряжения согласно закону Дюамеля-Неймана.

Согласно ассоциированному закону пластического деформирования [8] пластические деформации связаны соотношениями

$$\varepsilon_{\theta}^p = \frac{\partial F / \partial \sigma_{\theta}}{\partial F / \partial \sigma_z} \varepsilon_z^p,$$

$$\varepsilon_{\theta}^p = \frac{\partial F / \partial \sigma_{\theta}}{\partial F / \partial \sigma_z} \varepsilon_z^p,$$

Из равенства  $\varepsilon_z = \varepsilon_z^e + \varepsilon_z^p = 0$  и соотношений закона Дюамеля-Неймана следует, что

$$\varepsilon_z^p = -\sigma_z + \nu(\sigma_{\theta} + \sigma_{\rho}) - E\alpha T.$$

Перемещения определяются по формуле

$$u = \rho \varepsilon_{\theta}.$$

Радиус упругопластической границы можно определять, рассматривая разные варианты непрерывности искомых величин на упругопластической границе.

Приведенные соотношения, с учетом выбранных граничных условий и условий непрерывности напряжений и перемещений на упругопластической границе, позволяют получить численное решение задачи. Можно рассматривать разные алгоритмы решения задачи, но выбор конкретного алгоритма не является принципиальным моментом численного решения задачи.

### 10. Результаты численного решения задачи

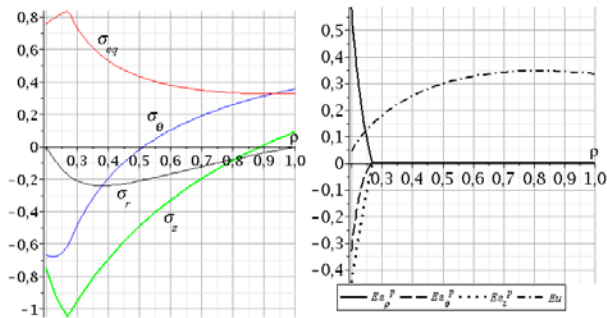
При выполнении численного решения задачи, для определенности, принималось, что параметры материала имеют следующую зависимость от температуры

$$E = E_0(1 - \delta_E T^2), \quad \nu = \nu_0(1 + \delta_{\nu} T), \quad \alpha = \alpha_0(1 + \delta_{\alpha} T), \quad k = k_0(1 - \delta_k T^2) \quad (7)$$

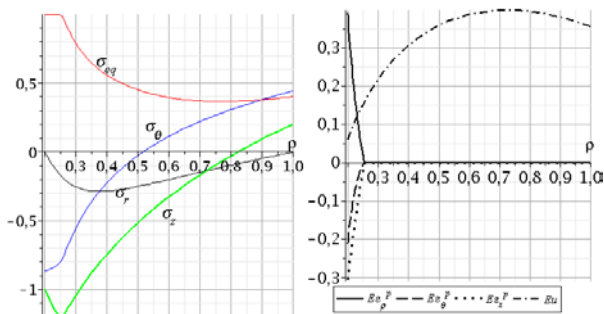
Если не рассматривается зависимость каких-либо параметров материала от температуры, то соответствующие коэффициенты  $\delta_E, \delta_{\nu}, \delta_{\alpha}, \delta_k$  в (7) равны нулю.

На рис. 2 показаны графики напряжений, пластических деформаций и перемещений для разных значений параметров материала и температуры. В расчетах принималось, что

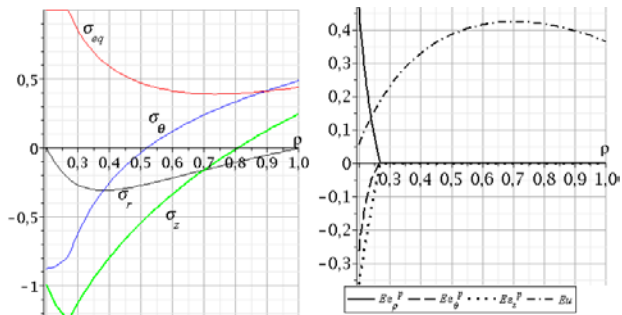
$$E_0 = 207, \quad \alpha_0 = 1.43 \cdot 10^{-5}, \quad k_0 = 1, \quad T_a = 310, \quad T_b = 0.$$



*Puc. 2.*  $\delta_E = 1.56 \cdot 10^{-6}$ ,  $\delta_\alpha = 1 \cdot 10^{-3}$ ,  $\delta_k = 2.5 \cdot 10^{-6}$ ,  $\delta_v = 2 \cdot 10^{-4}$ ,  $v_0 = 0.25$



*Puc. 3.*  $\delta_E = 0$ ,  $\delta_\alpha = 0$ ,  $\delta_k = 0$ ,  $\delta_v = 0$ ,  $v_0 = 0.45$



*Puc. 4.*  $\delta_E = 0$ ,  $\delta_\alpha = 0$ ,  $\delta_k = 0$ ,  $\delta_v = 0$ ,  $v_0 = 0.5$

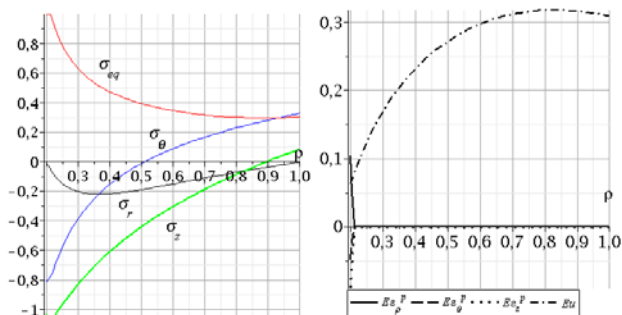


Рис. 5.  $\delta_E = 0$ ,  $\delta_\alpha = 0$ ,  $\delta_k = 0$ ,  $\delta_\nu = 0$ ,  $\nu_0 = 0.25$

Графики, приведенные на рис. 3 и рис. 4, показывают, что по сравнению с упруго несжимаемым телом ( $\nu_0 = 0.5$ ) малое изменение коэффициента Пуассона ( $\nu_0 = 0.45$ ) приводит к уменьшению радиуса упругопластической границы на 5.58%. Здесь следует иметь ввиду, что для металлов, например, сталей разных марок коэффициент Пуассона  $\nu_0 = 0.2 \div 0.35$ . Графики на рис. 4 и рис. 5 показывают, что выбор «условных» параметров материала вместо и «реалистичных» может приводить к существенно разным результатам.

### Заключение

Выполненные численные расчеты для рассматриваемой задачи и выбранная математическая модель показывает, что малое изменение отдельных параметров материала в процентном отношении сопоставимо с изменениями в полях напряжений деформаций и перемещений.

### Список литературы

1. Киликковская О. А. Влияние упрочнения и сжимаемости материала на решение упругопластических задач о деформировании пространства с цилиндрической полостью / О. А. Киликковская, Н. В. Овчинникова // Изв. РАН. МТТ. – 2012. – № 1. – С. 75-91.
2. Jahanian, S. Thermoelastoplastic and residual stresses in a hollow cylinder with temperature-dependent properties / S. Jahanian, M. Sabbaghian // J. Press. Vessel Techn. – 1990. – V. 112 – P. 85–91.
3. Eraslan, A. N. The strain hardening rotating hollow shaft subject to a positive temperature gradient / A. N. Eraslan, E. Arslan, W. Mack // Acta Mech. – 2007. – 194. – P. 191-211.
4. Дац, Е. П. Технологические температурные напряжения в процессах горячей посадки цилиндрических тел при учете пластических

течений / Е. П. Дац, А. В. Ткачева // Прикладная механика и техническая физика. – 2016. – Т. 57, № 3. – С. 208-216.

5. Буренин, А. А. Об особенностях использования условия максимальных приведенных касательных напряжений в теории неустановившихся температурных напряжений / А. А. Буренин, А. В. Ткачева, Г. А. Щербатюк // Вестник Чувашского государственного педагогического университета имени И. Я. Яковлева. Серия: Механика предельного состояния. – 2018. – № 2(36). – С. 74–90.

6. Prokudin, A. N. Elastoplastic deformation of a rotating hollow cylinder with a rigid casing / A. N. Prokudin, S. V. Firsov // PNRPU Mechanics Bulletin. – 2019. – N.4. – P. 120–135.

7. Prokudin, A. N. Schmidt-Ishlinskii Yield Criterion and a Rotating Cylinder with a Rigid Inclusion/ A. N. Prokudin // J. Appl. Comput. Mech. – 2021. – N. 7(2). – P. 858-869.

8. Semka, E. V. Mathematical modeling of rotating disk states, Mathematical modeling of rotating disk states / E. V.Semka, M. A. Artemov, Y. N. Babkina, E. S. Baranovskii, A. I. Shashkin // Journal of Physics: Conference Series 1479 (2020) 012122



# Модель обработки радиолокационной метеорологической информации с использованием двумерного преобразования Фурье

Н. П. Стадная, e-mail: st.hope11@gmail.com  
С. А. Переселков, e-mail: pereselkov@yandex.ru  
С. Л. Кирносов, e-mail: slk\_met@mail.ru  
Д. Б. Долгих, e-mail: deendolgij@yandex.ru  
А. В. Самсонов, e-mail: sinoptik78@mail.ru

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил  
«Военно-воздушная академия» (г. Воронеж)

**Аннотация.** *В работе построена модель обработки и анализа радиолокационной метеорологической информации с использованием двумерного преобразования Фурье.*

**Ключевые слова:** *Интерференция, интерферограмма, голограмма, двумерное преобразование Фурье, радиолокационная информация.*

## Введение

В настоящее время опасные явления погоды продолжают оказывать негативное влияние на эффективность и безопасность полетов авиации. Большую опасность для полета воздушных судов представляют такие явления погоды как град, гроза, ливневый дождь, обледенение и т.д. Эти явления, обусловленные мезо- и микромасштабными возмущениями в атмосфере, имеют небольшие размеры и время существования от нескольких часов до нескольких минут. Поэтому существующей сетью наземных наблюдений обнаруживаются либо случайно, либо вообще не обнаруживаются. Для решения задачи обеспечения безопасности полетов хорошо зарекомендовали себя радиолокационные методы получения метеоинформации об опасных явлениях [1].

На данный момент разработано множество моделей получения метеоинформации с помощью радиолокационных систем наблюдения, которые отличаются процедурами распознавания, используемым пространством признаков распознавания, способом обработки и представления исходных данных и т.д. Несмотря на это, достигнуто некоторое насыщение в точности идентификации явлений погоды радиолокационными методами.

Важным индикатором процессов, протекающих в атмосфере, является форма образовавшейся облачности и ее микрофизические характеристики.

Используя априорно информацию о физическом состоянии атмосферы можно упорядочить микрофизические процессы (а значит и значения радиолокационной отражаемости), сопровождающие то или иное опасное явление погоды. Поскольку между микрофизическими параметрами облаков и осадков и их радиолокационными характеристиками существует статистическая связь, то такой подход позволит использовать новый информационный резерв в процедуре идентификации опасных явлений погоды по радиолокационным данным, т.е. сделать ее адаптивной к физическому состоянию атмосферы. [2]

Целью работы является повышение эффективности метеорологического обеспечения на основе построения модели с использованием математического аппарата получения голограмм с применением двумерного преобразования Фурье при обработке радиолокационных данных.

В работе строится модель обработки и анализа метеорологической информации по данным радиолокационного зондирования атмосферы.

### **1. Получение интерференционной картины и построение голограммы Фурье**

За основу берётся движущийся источник излучения (в метеорологии в качестве такового могут выступать, например, грозовые облака). Данный источник при взаимодействии с любой падающей электромагнитной волной будет искажать падающий сигнал, частично отражая его. В этом случае используется электромагнитное излучение от радиолокационной станции (излучатель) стационарной или на движущемся летательном аппарате, отправляющий сигнал и одновременно с этим принимающий отраженный от метеорологического объекта.

Падающая и отраженная волны интерферируют, что позволяет рассматривать интерференционную структуру поля, представленную на рис. 1.

Данные об интерференции собираются в течение некоторого времени, и, с учетом того, что источник излучения (облако) движется, происходит фазовое смещение мод излучения, что можно заметить на так называемой интерферограмме (справа), где данное смещение проявляется в виде наклонных полос.

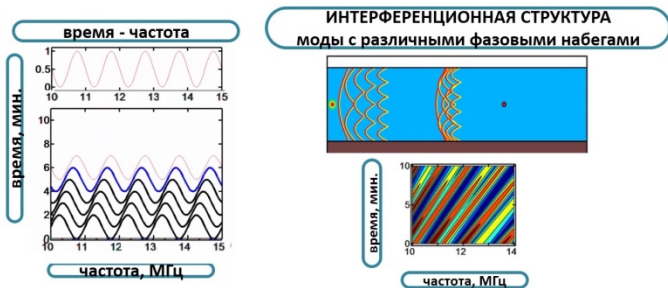


Рис. 1. Интерференционная структура электромагнитного поля в воздушном волноводе

Для отслеживания временной зависимости параметров источника в течение длительного времени  $T$  следует использовать каскадное накопление спектральной плотности волнового поля.

Данные для обработки представляют собой массив значений – характеристик электромагнитного поля – амплитуды напряженности  $p(r, t)$ . Далее, для расчетов используется интенсивность – квадрат модуля напряженности.

Преобразование Фурье по временной компоненте дает спектральную функцию  $I(r, f)$ . Учитывая тот факт, что отсчеты при записи с приемника проводятся во времени, а расстояние между приемником и источником, вообще говоря, неизвестно, фактически работа происходит с массивом значений в частотно-временном диапазоне, то есть с функцией  $I(f, t)$ . Полученная функция  $I(f, t)$  отображается в виде интерферограммы – графическом отображении интерференционной картины, возникающей в результате наложения когерентных волн. [3]

При построении интерферограммы реального сигнала всегда можно выделить полосу частот, которая вносит максимальный энергетический вклад в принимаемый сигнал, середина этого участка  $f_0$  – средняя частота принимаемого спектра источника; а также временной интервал  $\Delta t$  с момента наблюдения  $t_0$  для обработки и анализа именно этой полосы частот.

$$-\frac{\Delta f}{2} + f_0 \leq f \leq f_0 + \frac{\Delta f}{2}, t_0 \leq t \leq t_0 + \Delta t \quad (1)$$

Далее функция  $I(f, t)$  подвергается двумерному преобразованию Фурье в указанном участке, при этом получается функция  $F(\tau, \nu)$ ,

называемая фурье-голограммой. Здесь  $\nu$  и  $\tau$  – частота и время голограммы

$$F(\nu, \tau) = \int_0^{\frac{\Delta f}{2} + f} \int_{-\frac{\Delta f}{2} + f}^{\frac{\Delta f}{2} + f} I(f, t) \exp[2\pi i(\nu t - ft)] dt df \quad (2)$$

Примечательно, что квадрат модуля данной функции – спектральная плотность – локализуется в небольших областях в виде фокальных пятен.

По измеренным координатам  $\tau$  и  $\nu$  фокальных пятен оцениваются начальное расстояние  $r_0$  и относительная радиальная скорость (скорость сближения или отдаления). При этом для расчетов используются известные волновые числа мод волны  $h(f)$ :

$$h(f_0) = \frac{2\pi f_0}{c}, \tau = r_0 \frac{dh(f_0)}{df}, \nu = -\nu_r h(f_0). \quad (3)$$

Используя информацию о локализации голограммы спектральной плотности определяется, удаляется ли источник от приемника или приближается к приемнику. Область локализации содержит фокальные пятна, отвечающие различным интерферирующим модам. По числу пиков делается вывод о количестве мод в сигнале. Наклон линии, соединяющей пятна, совпадает с наклоном полос на интерферограмме. Таким образом, в целом, для формирования голограммы необходимо построить интерферограмму, затем провести двумерное преобразование Фурье и получить голограмму (рис. 2). [4]

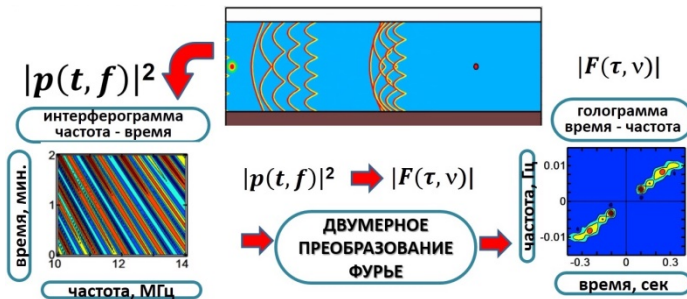


Рис. 2. Формирование голограммы

Первично полученная голограмма нуждается в специальной обработке за счет так называемой согласованной обработки

(«вырезания» центрального пятна). Это приводит к более резкому вычерчиванию фокальных пятен, что облегчает анализ. В качестве условия непосредственного обнаружения сигнала при наличии помехи используется критерий, согласно которому пик функции обнаружения  $P$  на прямой  $\nu = \varepsilon\tau$  расположения максимумов фокальных пятен при входном отношении сигнал/помеха в два и более число раз превышает помеховые пики  $G_n$ . Здесь  $\tau_{\max}$  – линейный размер области локализации по оси времени  $\tau$ ;  $\varepsilon_*$  – варьируемое значение углового коэффициента (рис. 3).

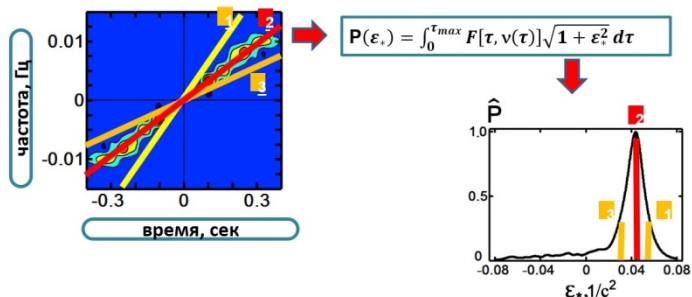


Рис. 3. Голограмма обнаружения источника сигнала

На рис. 4 представлена визуализация движения источника и соответствующих голограмм. Голограмма неподвижного источника, затем ускоряющегося, замедляющегося, остановившегося и движущегося в противоположном направлении. Видно, как меняется расположение фокальных пятен.

Для определения пеленга используется не радиальная скорость, а компоненты скоростей на оси  $X$  и  $Y$ . Для их определения строятся отдельные интерферограммы и голограммы по компонентам скоростей исходя из данных, полученных из различных каналов:  $V_x$  и  $V_y$  соответственно. [5]

Пеленг определяется по отношению максимумов функций обнаружения  $P$  (рис. 5).

Данный метод так же дает возможность обнаружения на голограмме нескольких источников. На рис. 6 представлены разделенные голограммы и отдельные интерферограммы от нескольких источников.

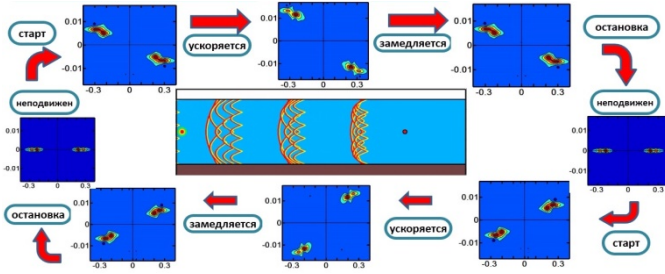


Рис. 4. Голограмма изменчивости скорости движения источника сигнала

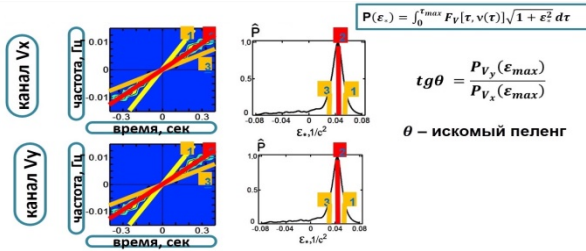


Рис. 5. Голограмма и определение пеленга

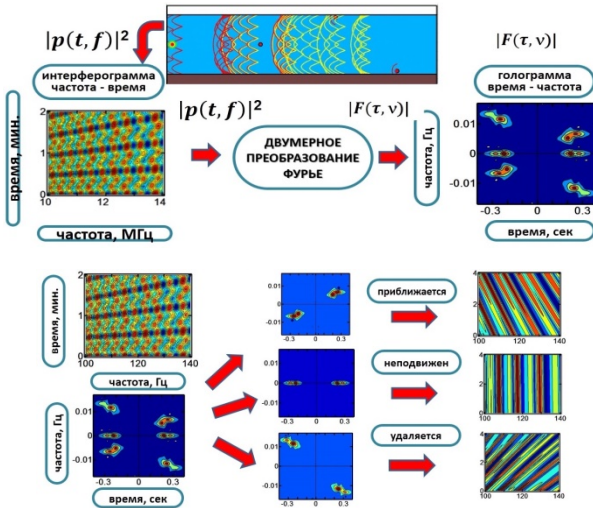


Рис. 6. Голограммы и интерферограммы нескольких источников с разложением на отдельные сигналы

## Заключение

Таким образом, анализ полученных результатов позволяет сделать вывод о том, что описанная выше модель применима к использованию в обработке и анализе радиолокационных данных для определения опасных явлений погоды.

Ожидается, что применение данной модели улучшит качество радиолокационных данных и снизит уровень шумов на экранах (как пример: от местных засветок), а также повысит точность координат и внешних границ зон с опасными явлениями.

## Список литературы

1. Матвеев Л.Т. Физика атмосферы / Л.Т. Матвеев // – 3-е изд., перераб. и доп. – СПб. : Гидрометеоиздат, 2000. – 778 с.
2. Лебедев Г.Н. Оптимальное управление качеством радиометеорологических измерений / Г. Н. Лебедев, В. В. Михайлов, И.Е. Кузнецов, М.Г. Матвеев // Научно-теоретический журнал «Мехатроника, автоматизация, управление». – 2011.– № 5. – С. 35 – 39.
3. Pereselkov S. Interferometric processing of hydroacoustic signals for the purpose of source localization / S. Pereselkov, V. Kuz'kin // J. Acoust. Soc. Am. 2022. – Vol. 151. – N 2. – P. 666–676.
4. Переселков С. А., Интерферометрическая обработка гидроакустических сигналов: учебное пособие / С. А. Переселков, В. М. Кузькин; Воронежский государственный университет. – Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2022. – 90 с.
5. Кузькин В.М. Метод определения местоположения малозумного источника звука / В.М. Кузькин, С.А. Переселков, И.В. Казначеев, С.А. Ткаченко // Вестн. ВГУ. Серия: Физика. Математика. 2018. – № 2. – С. 53-63.

# Математическая модель влияния атмосферной дымки на линейное разрешение на местности съемной системы, установленной на беспилотном летательном аппарате

А. И. Тищенко, email: aleksei.tishenko@yandex.ru

С. В. Беспалов, email: antonn58@ya.ru

ВУНЦ ВВС «ВВА»

**Аннотация.** В данной работе рассматривается математическая модель влияния яркости атмосферной дымки на линейное разрешение на местности съемной системы, установленной на беспилотном летательном аппарате.

**Ключевые слова:** Математическая модель, разрешающая способность на местности, съемная система, беспилотный летательный аппарат, интегральный коэффициент яркости атмосферной дымки.

## Введение

В настоящее время беспилотные летательные аппараты (БПЛА) с оптико-электронной целевой нагрузкой находят широкое применение в различных сферах деятельности человека, связанных с охраной общественного порядка, лесов, с организацией безопасного движения на автодорогах, с эксплуатацией трубопроводов и так далее. Эффективность применения комплексов с БПЛА зависит как от тактико-технических характеристик БПЛА, возможностей полезной нагрузки наземных компонентов, так и от состояния атмосферы в период проведения аэрофотосъемки. Последний фактор признается повсеместно, но, к сожалению, практически является мало освещенным в количественном отношении.

Целью статьи является рассмотреть математическую модель количественной оценки влияния атмосферной дымки на линейное разрешение на местности съемной системы, установленной на БПЛА.

Для нахождения интересующей зависимости рассмотрим математические модели: оценки разрешающей способности на местности съемной системы  $L$  [1] и оценки спектрального коэффициента задымленности  $\chi_\lambda$  [2]. Интеграция моделей позволит оценить влияние атмосферной дымки на линейное разрешение на местности съемной системы, установленной на БПЛА.



## 1. Математическая модель

Оценка линейного разрешения на местности съемной системы, установленной на БПЛА, выполняется на основе выражения (1) [1]:

$$L = \frac{H}{2R_c f}, \quad (1)$$

где  $H$  – высота полета БПЛА, определяющая расстояние между объектом наблюдения и съемной системой, установленной на БПЛА,  $f$  – фокусное расстояние объектива съемной системы,  $R_c$  – разрешение съемной системы.

Для достижения поставленной цели рассмотрим  $R_c$ , как пространственную частоту  $N$ , при которой выполняется совместное решение двух уравнений – контраста оптического изображения в фокальной плоскости  $K_\phi(N)$  и порогового контраста приемника излучения  $K_n(N)$ . Уравнения зависимостей  $K_\phi(N)$  и  $K_n(N)$  имеют вид:

$$K_\phi(N) = T(N)K_o, \quad (2)$$

$$K_n(N) = \frac{N}{2R_{nu} - N}, \quad (3)$$

где  $T(N)$  – функция передачи модуляции съемной системы,  $K_o$  – контраст объекта,  $R_{nu}$  – разрешающая способность приемника излучения.

Входящие в выражения (2), (3)  $T(N)$ ,  $K_o$ ,  $R_{nu}$  можно определить на основе соотношений (4) – (6).

$$T(N) = T_{атм} T_{об}(N) T_{сду}(N), \quad (4)$$

$$K_o = \frac{r_{об} - r_\phi}{r_{об} + r_\phi}, \quad (5)$$

$$R_{nu} = \frac{1}{2p}, \quad (6)$$

где  $T_{атм}$  – коэффициент модуляции, обусловленный влиянием слоя атмосферы между объектом наблюдения и съемной системой, установленной на БПЛА,  $T_{об}(N)$  – функция передачи модуляции объектива съемной системы,  $T_{сду}(N)$  – функция передачи модуляции

сдвига изображения,  $r_{об}$ ,  $r_{ф}$  – интегральные коэффициенты яркости объекта съемки и фона ландшафта,  $p$  – размер пикселя приемника излучения.

В свою очередь оценку  $T_{амм}$ ,  $T_{об}(N)$ ,  $T_{сду}(N)$  можно выполнить на основе уравнений вида:

$$T_{амм} = \frac{r_{об} + r_{ф}}{r_{об} + r_{ф} + 2\chi_{\lambda}}, \quad (7)$$

$$T_{об}(N) = \left(1 - \frac{4}{\pi} n_o \lambda N\right) \exp\left(-\frac{0.0035 f N t g^2 \beta}{n_o^2}\right) \quad (8)$$

$$T_{сду}(N) = \frac{\sin(\pi \delta N)}{\pi \delta N} \frac{\sin(\pi \delta N (1 - \eta))}{\pi \delta N (1 - \eta)}, \quad (9)$$

где  $n_o$  – знаменатель относительного отверстия объектива съемной системы,  $\beta$  – половина угла поля зрения объектива съемной системы,  $\eta$  – оптический коэффициент полезного действия затвора съемной системы.

Значение  $\delta$ , входящего в выражение (9), определяется в соответствии с уравнением вида (10):

$$\delta = V t_{эк} \frac{f}{H}, \quad (10)$$

где  $V$  – скорость полета БПЛА,  $t_{эк}$  – время экспонирования съемной системы.

Анализ выражений (1) – (10) показывает, что учет влияния атмосферной дымки на линейное разрешение на местности съемной системы можно осуществить на основе спектрального коэффициента задымленности  $\chi_{\lambda}$ . Оценка этого коэффициента основывается на математических соотношениях, определяющих рассеяние энергии солнечного потока слоем атмосферы, расположенного над подстилающей поверхностью, отражающей по закону Ламбера [3].

Первоначально определяется оптическая толщина атмосферы на трассе «БПЛА съемная система – объект наблюдения»  $\tau_{\lambda}$  обусловленная молекулярным  $K_{мл}$  и аэрозольным  $K_{ал}$  рассеянием излучения на длине волны  $\lambda$ , на основе выражений (11) – (13) [2]:

$$\tau_{\lambda} = \exp(-(K_{мл} + K_{ал}), \quad (11)$$

$$K_{m\lambda} = a_0 \left( \frac{0,55}{\lambda} \right)^4 D_H \left( 1 - \frac{\exp(-\alpha H)}{\alpha H} \right), \quad (12)$$

$$K_{a\lambda} = \left( 3,91 \frac{\left( \frac{0,55}{\lambda} \right)^{0,585\sqrt[3]{S_m}}}{S_m} D_H \frac{(1 - \exp(-\beta_1 H))}{\beta_1 H} \right), \quad (13)$$

где  $a_0$ ,  $\alpha$  – показатель молекулярного рассеяния на длине волны 0,55 коэффициент затухания,  $\beta_1$  – коэффициент затухания излучения, обусловленного аэрозольным рассеянием, зависимость от метеорологической дальности видимости  $S_m$  имеет вид [2]:

$$\beta_1 = 0,2(6.658 - \ln S_m). \quad (14)$$

Затем следует определить полную оптическую толщину атмосферы  $K_{0\lambda}$  в вертикальном направлении, с учетом молекулярного и аэрозольного рассеянием излучения [2]:

$$K_{0\lambda} = \frac{a_\lambda}{a} + 3,91 \frac{\left( \frac{0,55}{\lambda} \right)^{0,585\sqrt[3]{S_m}}}{S_m} (1 + (10\beta_1 - 1)\exp(-5\beta_1)). \quad (15)$$

На основе полученных значений  $K_{0\lambda}$  и значений угла  $\nu_p$  между направлениями «объект наблюдения – Солнце» и «объект наблюдения – БПЛА съемная система», зависящего от координат БПЛА, объекта наблюдения, даты и времени наблюдения, определяются:

индикатриса рассеяния  $x_{p\lambda}$ , выражение (16) [2]:

$$x_{p\lambda} = \frac{0,75 \frac{\alpha_\lambda}{\alpha} (1 + \cos^2 \nu_p) + B_\lambda (10\beta_1 - 1)\exp(-5\beta_1) x_A}{K_{0\lambda}}, \quad (16)$$

где  $x_A$  – табулированный параметр, зависящий от  $\nu_p$  и  $S_m$ ,  $B_\lambda$  – величина, определяемая соотношением (17):

$$B_\lambda = 3,91 \frac{\left( \frac{0,55}{\lambda} \right)^{0,585\sqrt[3]{S_m}}}{S_m}; \quad (17)$$

спектральный коэффициент пропускания атмосфера  $\tau_{a\lambda}$  в направлении «объект наблюдения – Солнце» [2]

$$\tau_{a\lambda} = \exp\left(-\frac{K_{0\lambda}}{\sin H_c}\right), \quad (18)$$

где  $H_c$  – относительная высота Солнца.

По значениям  $x_{p\lambda}$ ,  $\tau_{a\lambda}$ ,  $\tau_\lambda$  определяется спектральный коэффициент яркости дымки  $L_\lambda$  по выражениям вида [2]:

$$L_\lambda = x_p L_{1\lambda} + L_{2\lambda}, \quad (19)$$

$$L_{1\lambda} = \frac{(1 - \tau_\lambda \tau_{a\lambda}) \sin H_c}{4(\sin H_c + \cos \psi)}, \quad (20)$$

$$L_{2\lambda} = (C_\lambda - 3Q_\lambda \cos \psi)(1 - \tau_\lambda) + (3 - x_1) \times \\ Q_\lambda K_{0\lambda} \tau_\lambda + (x_1 \cos \psi \sin H_c - 3 \sin^2 H_c) L_{1\lambda}, \quad (21)$$

$$Q_\lambda = \frac{(1 - A_\lambda) P_\lambda \sin H_c}{(8 - 2K_{0\lambda} (3 - x_1)(1 - A_\lambda))}, \quad (22)$$

$$P_\lambda = 1 + 1,5 \sin H_c + \tau_{a\lambda} (1 - 1,5 \sin H_c), \quad (23)$$

$$C_\lambda = 0,5(1 + 1,5 \sin H_c) \sin H_c - 2Q_\lambda, \quad (24)$$

где  $\psi$  – угол визирования объекта наблюдения из точки расположения «БпЛА съемная система»,  $x_1$  – табулированный параметр индикатрисы рассеяния, зависящий от  $S_M$ ,  $A_\lambda$  – спектральное значение альbedo подстилающей поверхности.

В результате  $\chi_\lambda$  можно определить на основе выражения (25) [2]:

$$\chi_\lambda = (1 - A_\lambda) L_\lambda \frac{1 - \exp(-0,13H)}{4Q_\lambda \tau_\lambda K_{обл}}, \quad (25)$$

где  $K_{обл}$  – табулированный коэффициент облачности, зависящий от характеристик облачности и высоты Солнца.

Учет (25) в (7) позволит оценить влияние атмосферной дымки на величину линейного разрешения на местности съемной системы, установленной на БпЛА.

## 2. Апробация модели

Апробация представленной модели осуществлена по результатам экспериментальной оценки линейного разрешения на местности цифровой камеры EXMOR, установленной на БПЛА Phantom-4. Для этого изготовлена радиальная тридцатишести секторная тест-мира, осуществлена ее серийная (30 снимков) съемка с высоты 100 метров в метеорологических условиях – малооблачно, дымка видимость 4 километра. В результате статистической обработки результатов эксперимента получено: оценка среднего значения линейного разрешения на местности цифровой камеры составила 42 мм.

Расчетное значение линейного разрешения на местности цифровой камеры EXMOR, применительно к указанным выше условиям, составило 36 мм.

Относительная погрешность расчетной оценки линейного разрешения на местности съемной системы, установленной на БПЛА, по отношению к экспериментальной оценке не превышает 15%.

### Заключение

Таким образом, на основе выполненной работы и полученным результатам можно сделать следующие выводы.

1. Представленная математическая модель учета влияния атмосферной дымки на линейное разрешение на местности съемной системы, установленной на БПЛА, построенная на основе математических моделей оценки разрешающей способности на местности съемной системы и оценки спектрального коэффициента задымленности, показала удовлетворительные результаты. Относительная погрешность расчетной оценки линейного разрешения на местности съемной системы, установленной на БПЛА, по отношению к экспериментальной оценке не превышает 15%.

2. Математическая модель может быть использована для решения задач связанных с выбором эффективной высоты полета БПЛА на аэро- видеосъемку объектов наблюдения, в зависимости от линейных размеров, технических характеристик БПЛА, съемной системы и метеорологической дальности видимости в районе мониторинга.

3. Математическая модель может быть реализована в пакете прикладных программ поддержки принятия решения, предназначенных операторам БПЛА и руководителей подразделений БПЛА.

### Список литературы

1. Алтыпов А.Е. Расчет пространственного разрешения съемной системы / А.Е. Алтыпов, М.Н. Севостьянова, С.А. Серебрянский. – М.: МИИГАиК, 2019. – 26 с.
2. Верба В.С. Комплексы с беспилотными летательными аппаратами / В.С. Верба, Б.Г. Татарский – В 2-х книгах. – М.: Радиотехника, 2016. – 1325 с.
3. Атмосфера. Справочник / Ю.С. Седунов [и др] ; отв. Ред Ю. С. Седунов – Ленинград: Гидрометеиздат, 1991. – 510 с.

# Исследование статистической значимости результатов обработки метеорологических архивных данных

И. И. Ульшин, e-mail: ulshin@rambler.ru,  
А. С. Фатеев

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил  
«Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и  
Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

**Аннотация.** *Рассматривается вопрос об определении климатических характеристик различных регионов при наличии в распоряжении исследователя только коротких рядов метеорологических наблюдений. Для решения поставленной в работе задачи использованы положения трендового анализа и теории статистических гипотез. Установлено сходство результатов, полученных на основе обоих подходов, что может дополнительно свидетельствовать об их достоверности.*

**Ключевые слова:** *климатические характеристики, ряд наблюдений, тренд, статистическая гипотеза, минимальный объем выборки.*

## Введение

В современных условиях все более высокие требования предъявляются к оперативности и обоснованности принимаемых в экономической сфере метеозависимых решений. Эффективное функционирование транспорта, энергетики, сельского хозяйства может быть достигнуто только при широком внедрении современных технологий получения и использования различной информации, в том числе, о погодно-климатических условиях проведения тех или иных мероприятий. Необходимы всестороннее изучение и учет закономерностей формирования погоды и климата, отражающих особенности циркуляции атмосферы, температурного режима и других гидрометеорологических характеристик региона, представление комплекса состояний климатической системы в форме, соответствующей решаемым задачам [1–3].

## 1. Постановка задачи

Одной из проблем при проведении климатологических исследований является отсутствие достаточного объема исходных

данных, которыми являются результаты метеорологических наблюдений в рассматриваемом районе. Характеристики глобальных погодообразующих процессов могут быть рассчитаны и по коротким рядам наблюдений, однако, достоверность полученных результатов не может не вызывать сомнений. В связи с этим целью работы является повышение надежности погодно-климатической информации о регионах, в которых не проводились многолетние метеорологические наблюдения.

Достижение поставленной цели требует решения следующих задач:

- исследование изменчивости статистических характеристик атмосферных параметров в зависимости от объема используемого архивного материала;
- выбор методов, позволяющих определить минимально необходимое число случаев в выборке для получения статистически значимых климатологических параметров;
- определение указанных значений для нескольких географических районов и метеорологических величин и анализ полученных результатов.

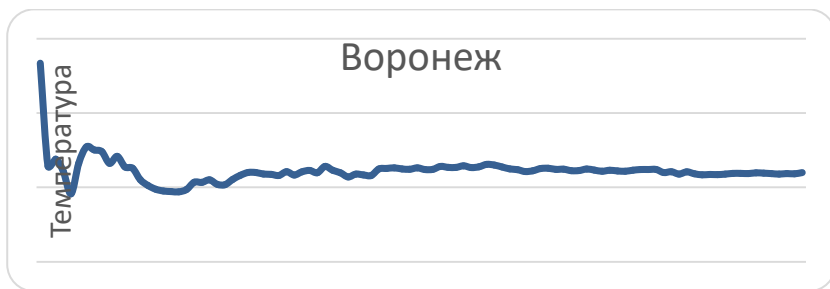
Для решения поставленной задачи в работе использовались методы трендового анализа и теории статистических гипотез.

## **2. Исследование изменчивости статистических характеристик атмосферных параметров в зависимости от объема используемого архивного материала**

Одним из значимых климатических характеристик является температурный режим, от которого во многом зависят иные составляющие климатической системы. В работе рассматривались значения температуры воздуха на стандартном изобарическом уровне 1000 гПа на метеорологических станциях, находящихся в городах Брянск, Курск и Воронеж. Для каждого города была организована архивная выборка объемом 1000 случаев по результатам наблюдений в период с 2020 по 2022 г. Из состава этих выборок для каждого из городов последовательно формировались выборки объемом 10, 20, 30... и т.д. значений. По ним проводились расчеты оценок математического ожидания температуры воздуха.

В целях последующего сравнительного анализа были исследованы значения еще одного погодного параметра – атмосферного давления.

Для проведения вычислений использовались электронные таблицы, входящие в состав известного офисного пакета программ. Пример полученных результатов для пункта Воронеж показан на рис. 1.



*Рис. 1.* Значения оценок математического ожидания температуры при расчетах по выборкам различного объема (пункт Воронеж)

Видно, что при малых объемах выборок наблюдаются существенные колебания оценок математического ожидания, Примерно после 200 случаев оценки стабилизируются и с увеличением объема выборки имеют тенденцию к приближению к истинному значению. Точное значение требуемого объема выборки визуальное определить практически невозможно.

### **3. Методы определения минимально необходимого числа случаев в выборке для получения статистически значимых климатологических результатов**

Минимально необходимый для получения надежных оценок объем архивного материала определялся методами трендового анализа и теории статистических гипотез.

Для каждого рассматриваемого пункта на соответствующих графиках были построены линии тренда [4]. Поскольку графики имеют ярко выраженный нелинейный вид, использовались полиномиальные функции:

$$y = a_0 + \sum_{i=1}^k a_i x_i, \quad (1)$$

где  $a_i$  – коэффициенты полинома;  $k$  – степень полинома (в работе использовались полиномы шестой степени).

Приближение линии тренда к истинному значению статистического параметра и достижение разности между ними, соответствующей точности измерений рассматриваемой метеорологической величины, очевидно, свидетельствует о достаточности архивного материала. Подобная точка на рис. 2 показана вертикальным отрезком. Представленная на графике горизонтальная



пунктирная линия, проведена через значение температуры на оси ординат, соответствующее математическому ожиданию, принимаемому за истинное значение, определенному по всей выборке, рассматриваемой в качестве генеральной совокупности.

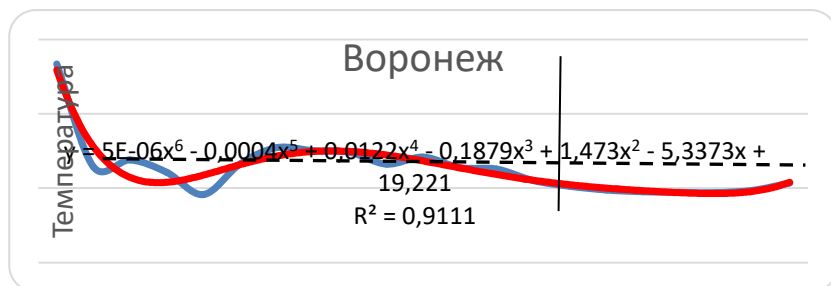


Рис. 2. Линия тренда на графике изменения оценок математического ожидания (пункт Воронеж)

Аналогичные действия были проведены на основе данных об атмосферном давлении.

На следующем этапе работы с использованием методов теории статистических гипотез было проведено сравнение оценок математического ожидания, рассчитанных по всей выборке и по выборке ограниченного объема.

Если считать истинное значение дисперсии неизвестным, аналитически данную задачу можно описать следующим образом. На основе выборки значений метеорологической величины  $X$  требуется при выбранном уровне значимости  $\alpha$  проверить нулевую гипотезу о равенстве математических ожиданий, рассчитанных по ограниченной и по полной выборкам  $H_0 : M_{ОГР}(X) = M_{ПОЛН}(X)$  при конкурирующей гипотезе  $H_1 : M_{ОГР}(X) \neq M_{ПОЛН}(X)$ .

Для решения этой задачи вводится новая случайная величина  $\delta$  – разность между рассчитанными по ограниченной и полной выборкам значениями математического ожидания, а также ее среднее значение.

Для проверки гипотезы вычисляется наблюдаемое (фактическое) значение критерия согласия статистической гипотезы [5, 6]:

$$T^* = \bar{\sigma} \frac{\sqrt{n}}{\sigma_{\delta}}, \quad (2)$$

где  $n$  – объем выборки, а  $\sigma_{\delta}$  определяется по формуле (3):

$$\sigma_{\delta} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \delta_i^2 - \frac{1}{n} (\sum_{i=1}^n \delta_i)^2}{n-1}}. \quad (3)$$

Далее по таблице критических точек распределения Стьюдента [6] по заданному уровню значимости и числу степеней свободы  $g = n - 1$  определяется критическая точка (значение). Если рассчитанное  $T^*$  превышает критическое значение, нулевая гипотеза принимается, если не превышает – нулевая гипотеза отвергается.

Результаты проверок статистических гипотез были сведены в таблицу, фрагменты которой представлены ниже.

Таблица

*Значения критерия согласия при проверке статистических гипотез*

Объем выборки	Воронеж		Курск		Брянск	
	Температура	Давление	Температура	Давление	Температура	Давление
100	-9,91	-2,05	-3,51	-2,32	-17,28	-2,05
110	-10,41	-2,20	-11,90	-2,54	-22,16	-2,08
120	-9,34	-1,89	-3,21	-2,24	-19,81	-1,82
130	-8,84	-1,61	-1,13	-2,23	-20,55	-1,60
140	<b>12,35</b>	-1,39	<b>14,55</b>	-1,79	-14,39	-1,73
150	<b>17,82</b>	-1,26	<b>19,29</b>	-1,67	<b>8,45</b>	-1,87
160	<b>21,63</b>	-1,12	<b>23,92</b>	-1,71	<b>15,45</b>	-1,59
...	...	...	...	...	...	...
420	<b>17,00</b>	1,10	<b>15,41</b>	-1,49	<b>-23,13</b>	-3,35
430	<b>21,70</b>	<b>2,93</b>	<b>18,96</b>	<b>2,35</b>	<b>-19,50</b>	-1,65
440	<b>24,84</b>	<b>3,77</b>	<b>26,09</b>	<b>3,48</b>	<b>-14,54</b>	<b>2,37</b>

Значения критерия согласия, при которых гипотеза принимается, выделены полужирным шрифтом.

#### 4. Анализ полученных результатов

Полученные результаты позволили провести сравнение и сделать следующие выводы.

Характер изменений оценок математического ожидания является аналогичным для обеих метеорологических величин. Вместе с тем, Атмосферному давлению свойственны большие колебания значений оценок математического ожидания на начальной части графика. Минимально необходимый объем выборки при этом увеличивается.

В результате реализации обоих методов установлено, что для получения статистически значимых результатов обработки наблюдений за температурой воздуха необходимо располагать выборкой объемом не менее 170 случаев, за атмосферным давлением – не менее 430 случаев.

При проведении аналогичных исследований необходимо учитывать, что требования к архивным материалам существенно зависят от изменчивости рассматриваемых метеорологических величин. Универсальных рекомендаций, по-видимому, не существует.

### **Заключение**

Анализ полученных в работе результатов позволяет сделать следующие выводы.

1. Для эффективного функционирования экономической организации государства необходимо широкое внедрение современных технологий получения и использования различной информации, в том числе, о погодно-климатических условиях проведения тех или иных мероприятий. Особенно актуальным это является с учетом происходящих климатических изменений, о которых свидетельствуют смещение «реперных» климатических дат, рост частоты и интенсивности погодных аномалий и экстремальных погодных условий.

2. одной из основных сложностей, возникающих при изучении климатических процессов и перемен, является проблема коротких рядов метеорологических наблюдений и, следовательно, недостаточной надежности результатов их статистической обработки.

3. Как показали исследования, основанные на трендовом анализе и направленные на определение минимально необходимого объема исходных данных, для получения статистически значимых оценок математического ожидания температуры воздуха достаточно 170 случаев. Атмосферному давлению свойственны большие колебания оценок при малом числе наблюдений, и минимально необходимый объем выборки при этом увеличивается до 400 случаев.

4. На основе теории статистических гипотез получены схожие результаты. Для оценки математического ожидания температуры воздуха необходим объем выборки 150 случаев. Для получения надежных оценок математического ожидания атмосферного давления необходима выборка объемом 430 наблюдений.

Результаты, полученные в работе, могут служить основой для решения задач использования климатической информации в системах поддержки принятия решений по обеспечению гидрометеорологической безопасности.

### Список литературы

1. Климатическая доктрина Российской Федерации / Утв. распоряжением Президента РФ от 17 декабря 2009 г. № 861-рп. – М., 2009. – 20 с.
2. Катцов В.М. Современные приоритеты фундаментальных исследований климата / В.М. Катцов, В.П. Мелешко // Труды ГГО, вып. 557. 2008. С. 3-19.
3. Израэль Ю.А. Изменения глобального климата. Роль антропогенных воздействий / Г.В. Груза, В.М. Катцов, В.П. Мелешко, Ю.А. Израэль // Метеорология и гидрология. – № 5. – 2001. – С. 5-21.
4. Трендовый анализ: цели, сущность, основные приемы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://studopedia.ru/5\\_152750\\_vopros--trendoviy-analiz-tseli-sushchnost-osnovnie-priemi.html](https://studopedia.ru/5_152750_vopros--trendoviy-analiz-tseli-sushchnost-osnovnie-priemi.html).
5. Ульшин И.И. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации / И.И. Ульшин – Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА». 2016. – 187 с.
6. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: Учеб. пособие для бакалавров / В.Е. Гмурман – М.: Юрайт, 2013. – 489 с.

# Синтез устойчивой нейросетевой замкнутой системы управления существенно нелинейным объектом с оптимизацией времени регулирования

Д. Л. Хапкин, email: dima-hapkin@ya.ru  
С. В. Феофилов, email: svfeofilov@mail.ru  
А. В. Козырь, email: kozyr\_a\_v@mail.ru

ФГБОУ ВО «Тулский государственный университет»

**Аннотация.** *В данной работе рассматривается методика синтеза устойчивой замкнутой системы управления с нейросетевым регулятором, обученным стабилизировать объект за требуемое время. Для подтверждения выполнения условий устойчивости Ляпунова используется целочисленное программирование. «Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-29-00609, <https://rscf.ru/project/23-29-00609/>»*

**Ключевые слова:** *нейронные сети, системы управления, нейросетевой регулятор, функция Ляпунова, целочисленное программирование.*

## Введение

В настоящее время интенсивно развивается применение искусственного интеллекта в различных областях, в том числе и в области систем автоматического управления динамическими объектами. Часто в качестве обучаемой структуры используются нейронные сети. Однако использование обучаемых структур накладывает ограничение на применение таких систем в промышленности, так как нет теоретических гарантий их устойчивой работы в различных ситуациях и режимах, в отличие от классических регуляторов. Обученные нейросетевые регуляторы обычно проверяются на качество работы тестированием [1, 2], однако такой подход позволяет выявить некоторые ошибки, а не гарантирует их полное отсутствие.

Одним из основных свойств, которое необходимо нейросетевым системам управления является их устойчивость. Для обеспечения устойчивости предлагается использовать прямой метод Ляпунова. Уже имеются работы по формированию функции Ляпунова для замкнутой нейросетевой системы управления [3–6]. В данной работе рассматривается синтез нейросетевого регулятора для управления объектом с нелинейностью типа ограничения и гарантирующий

устойчивость замкнутой системы управления с помощью формирования функции Ляпунова, основанной на нейронной сети.

### 1. Система управления

В работе рассматривается замкнутая дискретная система управления. Структура представлена на рис. 1.

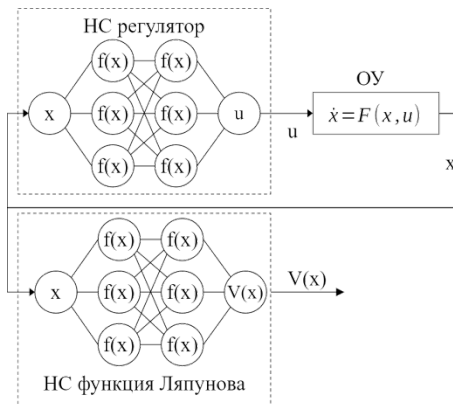


Рис. 1. Структура замкнутой системы управления

Регулятор основан на нейронной сети прямого распространения:

$$u_t(x_t) = \varphi_r(x_t) - \varphi_r(x^*) + u^*, \quad (1)$$

где  $\varphi_r$  – нейронная сеть прямого распространения,  $x_t$  – вектор состояния в момент времени  $t$ ,  $x^*$  – точка устойчивости,  $u^*$  – сигнал управления в точке устойчивости.

Для гарантии устойчивости системы управления находится функция Ляпунова. Как известно, по второму методу Ляпунова система является асимптотически устойчивой в локальной области, если имеется такая функция, называемая функцией Ляпунова  $V(x)$ , которая в этой области является положительной, а ее производная отрицательной, кроме точки устойчивости, в которой она равна нулю.

$$V(x_t) > 0, x_t \in S, x_t \neq x^*; \quad (2)$$

$$V(x_{t+1}) - V(x_t) \leq -\varepsilon_2 V(x_t), x_t \in S, x_t \neq x^*; \quad (3)$$

$$V(x^*) = 0; \quad (4)$$

где  $S$  – область, в которой система должна быть устойчива,  $\varepsilon_1$  – коэффициент от 0 до 1.

В качестве кандидата в функцию Ляпунова предлагается использовать функцию, основанную на нейронной сети прямого распространения. Вид данной функции (5):

$$V(x_t) = \phi_V(x_t) - \phi_V(x^*) + \|R(x_t - x^*)\|_1, \quad (5)$$

где  $\phi_V$  - нейронная сеть, являющаяся частью функции Ляпунова,  $R$  – матрица с полным рангом столбца  $\|R(x_t - x^*)\|_1$  – это 1-я норма вектора.

Уравнение (5) гарантирует, что  $V(x^*) = 0$ . Добавление  $\|R(x_t - x^*)\|_1$  помогает выполнению условия (2).

В результате обучения на выполнение критериев устойчивости по Ляпунову (2-4) будут получены нейросетевые регулятор и функция Ляпунова, гарантирующая устойчивость системы.

Для обучения используется метод обратного распространения ошибки [7], который позволяет рассчитать градиент для каждого весового коэффициента нейронной сети. Поэтому для обучения нейрорегулятора необходимо создать структуру, имитирующую объект управления, по которой можно рассчитать градиент. Для этого предлагается использовать нейроимитатор объекта управления:

$$x_{t+1} = \phi_{\text{dyn}}(x_t, u_t), \quad (6)$$

где  $\phi_{\text{dyn}}$  – нейронная сеть прямого распространения, обученная имитировать объект управления.

Для объектов с нелинейностью типа ограничение нужно правильно составить структуру нейроимитатора. Некоторые ограничения описаны в работе [8], которые, в общем случае, заключаются в том, что для имитации таких объектов в качестве функций активаций должны быть выбраны ReLU [9].

## 2. Контрпримеры

Для получения функции Ляпунова нужно подтвердить, что в требуемой области фазового пространства не нарушаются условия устойчивости. Для этого используется целочисленное программирование, с помощью которого в ограниченной области можно гарантированно найти оптимальное значение целевой функции. Для обеспечения выполнения условий Ляпунова будем использовать две целевые функции для проверки условий 2 и 3 соответственно:

$$\max_{x \in S} (\varepsilon_2 \left\| R(x_t - x^*) \right\| - V(x_t)); \quad (7)$$

$$\max_{x_t \in S} (V(x_{t+1}) + (\varepsilon_2 - 1)V(x_t)). \quad (8)$$

Т.е. с помощью оптимизации целевых функций (7) и (8) находятся точки фазового пространства, контрпримеры, которые максимально не удовлетворяют условиям устойчивости. Далее эти точки используются для обучения функции Ляпунова и нейрорегулятора. Если найденные точки будут удовлетворять условиям устойчивости, то тогда система устойчива и функция Ляпунова сформирована.

Для того, чтобы применить целочисленное программирование, нужно все нейронные сети привести к системе неравенств. Для этого в нейронных сетях в качестве функции активации должна использоваться функция leakyReLU (9).

$$\text{leakyReLU}(x) = \begin{cases} x, & x \geq 0; \\ cx, & x < 0; \end{cases} \quad (9)$$

где  $c$  – значение коэффициента отрицательной части leakyReLU.

Описание leakyReLU в виде системы неравенств:

$$\begin{cases} z \geq y, & z \geq cy, \\ z \leq cy + (1-c) \cdot y_{ub} \beta, \\ z \leq y + (1-c) \cdot y_{lb} \cdot (\beta - 1), \\ \beta \in [0; 1], & z \in R, \end{cases} \quad (10)$$

где  $z$  – выход leakyReLU,  $\beta$  – бинарная переменная ( $\beta = 0$  – для отрицательной,  $\beta = 1$  – для положительной),  $y$  – значение входа leakyReLU,  $y_{ub}$  и  $y_{lb}$  – ограничения на входную переменную. Для расчета  $y_{ub}$  и  $y_{lb}$  для каждого нейрона используется интервальная арифметика [10].

Описывая каждый нейрон с функцией активацией leakyReLU, как (9), а нейроны без функций активации соответствующим выражением, то сформируется система равенств и неравенств, которую нужно использовать в задаче целочисленного программирования для поиска контрпримеров.

### 3. Обучение

На собранных контрпримерах выполняется обучение нейрорегулятора и нейросетевой функции Ляпунова, при этом веса нейромимитатора не обновляются. Для этого найденные значения



используются в качестве начальных условий и система, состоящая из указанных нейронных сетей, моделируется на один дискретный шаг. Полученные результаты используются для обучения на основе следующих функций потерь:

$$\eta_1 = \max(\varepsilon_1 \|R(x_t - x^*)\|_1 - V(x_t), 0); \quad (11)$$

$$\eta_2 = \max(V(x_{t+1}) + (\varepsilon_2 - 1) * V(x_t), 0). \quad (12)$$

После шага изменения весов процедура поиска контрпримеров повторяется, а найденные значения добавляются уже к имеющимся для расширения тренировочной выборки.

Однако, так как при обучении нет явного контроля времени регулирования, то предлагается добавить дополнительный критерий. Для его выполнения система моделируется не на один шаг, а на время, превышающее требуемое время регулирования. Во всех моментах, которые находятся после требуемого времени, вычисляется ошибка регулирования, которая используется для обучения нейрорегулятора. При этом используется метод обратного распространения ошибки сквозь время [11], как делается это в рекуррентных нейронных сетях. График формирования значений критерия времени регулирования представлен на рис. 2.

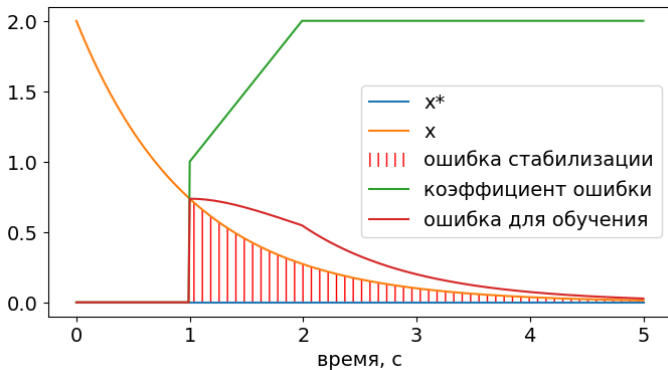


Рис. 2. График формирования ошибки для обучения нейрорегулятора на выполнение требований по времени регулирования (на графике 1 сек.)

Для каждого момента времени критерий выглядит так:

$$\eta_3 = \sum \left( (x^* - x_t) \cdot k \right)^2. \quad (13)$$

Таким образом общая функция потерь выглядит так:

$$\text{loss} = \|\eta_1\| + \|\eta_2\| + \eta_3. \quad (14)$$

Общая схема обучения представлена на рис. 3.

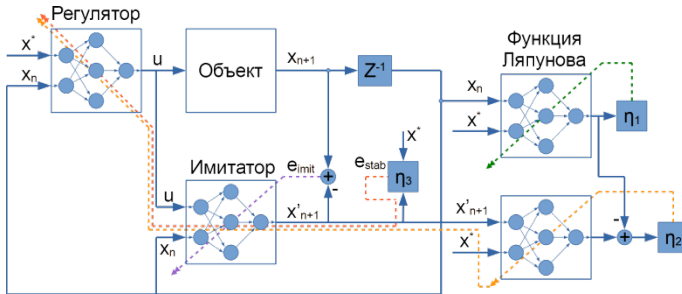


Рис. 3. Схема синтеза нейросетевого регулятора по предложенной методике

Однако при таком подходе необходимо адекватно выбирать требуемое время регулирования, так как при очень маленьком значении система может плохо обучиться. Это связано с тем, что при наличии больших ошибок от критерия  $\eta_3$  значения ошибок по устойчивости (критерии  $\eta_1$  и  $\eta_2$ ) могут быть незначительными. Также для каждого критерия можно ввести коэффициенты учета их влияния на общую оценку по усмотрению разработчика нейрорегулятора.

#### 4. Пример

В качестве примера рассмотрим упрощенную модель гидропривода (рис. 4).

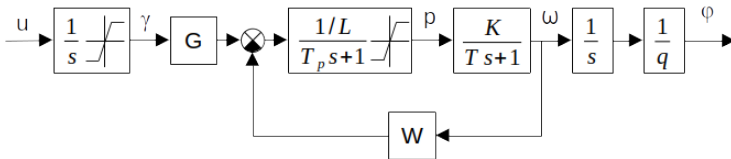


Рис. 4. Базовая модель гидропривода

На рис. 4  $\gamma$  – угол поворота люльки гидронасоса,  $p$  – перепад давления в гидромоторе,  $\omega$  – скорость вращения выходного вала гидромотора,  $\phi$  – угол

поворота вала после редуктора,  $G$  – коэффициент усиления насоса регулируемой производительности по расходу,  $L$  – суммарный коэффициент утечек жидкости;  $T_p = L * E / V$ , где  $E$  – приведенное значение модуля объемной упругости жидкости,  $V$  – объём жидкости в магистрали высокого давления. В структурной схеме учитываются присущие гидроприводе ограничитель на угол поворота люльки насоса:  $|\gamma| \leq D_1$  и ограничитель (в данной структурной схеме – безынерционный) перепада давления масла в силовых гидромагистралях:  $|p| \leq D_2$ .

В качестве нейросетевого имитатора выбрана следующая структура: на входе 5 нейронов (для сигнала управления объектом и вектора состояния), в первом скрытом слое 4 нейрона без функций активации, во втором слое 12 нейронов с функцией активации ReLU и с весами смещения, в выходном слое 4 нейрона.

В качестве структуры для нейрорегулятора используется нейронная сеть прямого распространения: на вход которого поступает вектор состояния объекта управления и вектор точки равновесия, получаемый из производных управляющего сигнала. В скрытом слое 12 нейронов, с функциями активации leakyReLU, на выходе один нейрон формирующий сигнал управления объектом.

Функция Ляпунова представлена 4-мя нейронами на входе, двумя скрытыми слоями с функцией активации leakyReLU и одним нейроном на выходе. Скрытые слои имеют по 12 нейронов в каждом.

Для стабильного обучения нейрорегулятора использовалось его предварительное обучение на LQR [12]. Этот фильтр является линейным, и был спроектирован для модели гидропривода без учета ограничений. Соответственно, качество управления при введении ограничений является самым лучшим.

Затем выполняется обучение по предложенной методике. Требуемое время регулирования установлено в 1,5 сек. Оно было выбрано на основе параметров объекта управления и из-за ограничений, накладываемых на сигнал управления объектом и ограничителей в системе.

На рис. 5 показан переходный процесс на ступенчатый сигнал, по которому видно, что система с нейросетевым регулятором не имеет перерегулирования и стабилизируется за время, близкое к заданному. Система с LQR стабилизируется за тоже время, однако имеет перерегулирование.

На рис. 6 сравнивается система с нейросетевым регулятором и LQR. Можно заметить, что нейросетевой регулятор имеет меньшую ошибку.

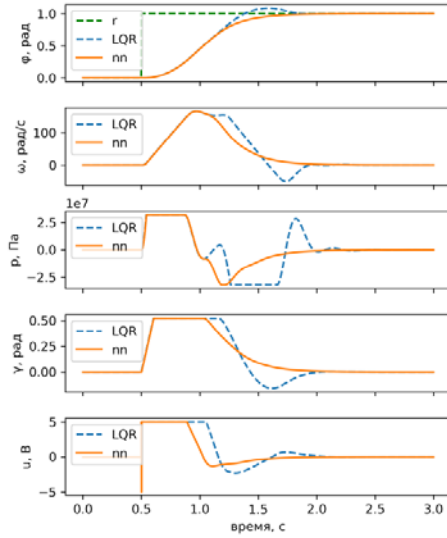


Рис. 5. Переходный процесс на ступенчатый сигнал

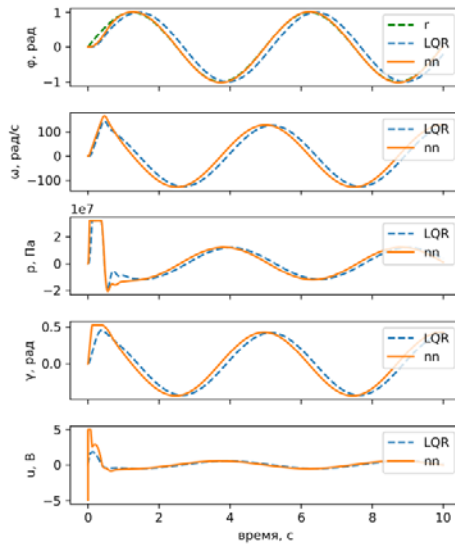


Рис. 6. Реакция системы на сигнал гармонический сигнал управления

Таким образом получаем регулятор, способный формировать нелинейный закон управления, позволяющий стабилизировать систему за определенное время регулирования, и функцию Ляпунова, гарантирующую асимптотическую устойчивость в локальной области.

### **Заключение**

В работе предложена методика, позволяющая синтезировать нейросетевой регулятор, который обеспечивает выполнение требований по времени регулирования. При этом также формируется функция Ляпунова на основе нейронной сети, гарантирующая устойчивость замкнутой системы в локальной области путем подтверждения отсутствия точек фазового пространства, которые не удовлетворяют условиям устойчивости по Ляпунову.

### **Список литературы**

1. Differentiable Convex Optimization Layers / A. Agrawal [et al.] // 33rd Conference on Neural Information Processing Systems (NeurIPS 2019). – Vancouver, Canada, 2019.
2. Verification of Binarized Neural Networks via Inter-neuron Factoring / C.-H. Cheng [et al.] // Verified Software. Theories, Tools, and Experiments : Lecture Notes in Computer Science / eds. R. Piskac, P. Rümmer. – Cham: Springer International Publishing, 2018. – P. 279-290.
3. Khapkin D.L. Study of neural network control stability based on mixed linear integer programming / D.L. Khapkin, S.V. Feofilov, A.V. Kozyr // 4th International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA). – Lipetsk: IEEE, 2022. – С. 326-329.
4. Counter-example guided synthesis of neural network Lyapunov functions for piecewise linear systems / H. Dai [и др.]. – 2020.
5. Lyapunov-stable neural-network control / H. Dai [и др.] arXiv:2109.14152 [cs, eess]. – arXiv, 2021.
6. Learning Lyapunov Functions for Hybrid Systems / S. Chen [и др.] // 2021 55th Annual Conference on Information Sciences and Systems (CISS) 2021 55th Annual Conference on Information Sciences and Systems (CISS). – Baltimore, MD, USA: IEEE, 2021.
7. Фефилов С.В. Анализ методов обучения искусственной нейронной сети / С.В. Фефилов, Д.Л. Хапкин // Сборник конференции XVIII Всероссийско научно-технической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых «Техника XXI века глазами молодых ученых и специалистов». – Тула: изд. ТулГУ, 2020. – С. 88-96.

8. Феофилов С.В. Базовый синтез нейросетевых регуляторов для нелинейных следящих систем управления / С.В. Феофилов, Д.Л. Хапкин. – ООО «Вэлборн», 2021. – С. 1314-1322.

9. Maas A.L. Rectifier nonlinearities improve neural network acoustic models / A.L. Maas, A.Y. Hannun, A.Y. Ng // Proc. icml. – Atlanta, Georgia, USA, 2013. – Т. 30. – С. 3.

10. Wong E. Provable defenses against adversarial examples via the convex outer adversarial polytope / E. Wong, Z. Kolter // International Conference on Machine Learning. – PMLR, 2018. – С. 5286-5295.

11. Werbos P.J. Backpropagation through time: what it does and how to do it / P.J. Werbos // Proceedings of the IEEE. – 1990. – Т. 78. – № 10. – С. 1550-1560.

12. Anderson B.D.O. Linear Optimal Control / B.D.O. Anderson, J.B. Moore, B.P. Molinari // IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics. – 1972. – Т. SMC-2. – № 4. – 559 с.

## Имитационное моделирование разделения данных первичных и вторичных пользователей в когнитивной системе связи

В. М. Чертков, email: v.chertkov@psu.by<sup>1</sup>

Р. П. Богущ, email: r.bogush@psu.by<sup>1</sup>

Е. Р. Адамовский, email: e.adamovsky@psu.by<sup>1</sup>

Н. М. Наумович, email: naumovich@bsuir.by<sup>2</sup>

И. К. Стежко, email: ste@bsuir.by<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой

<sup>2</sup>Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

**Аннотация.** *Разделение данных первичных и вторичных пользователей является актуальным для обеспечения возможности планирования режима совместного доступа в когнитивной системе связи. В работе рассмотрены признаки первичных и вторичных пользователей, приводится алгоритм их классификации в кадре сигнала сети LTE и соответствующая имитационная модель, которая реализована с использованием программной среды MatLab.*

**Ключевые слова:** *когнитивное радио, первичные и вторичные пользователи, динамический доступ к спектру.*

### Введение

Стремительное развитие телекоммуникационных систем формирует задачу рационального использования ресурсов систем связи, решение которой является актуальным на протяжении последних десятилетий [1, 2]. Основной идеей когнитивной радиосвязи является использование незанятых в текущий момент частотных ресурсов первичных пользователей (Primary Users, PU) для организации передачи данных вторичных пользователей (Secondary Users, SU) на основе технологии динамического доступа к спектру (Dynamic Spectrum Access, DSA) [3], которая заключается в обнаружении «белых пятен» (white spaces) – временно свободных лицензированных частот, на условиях ограничений создаваемых ими помех [4].

В работе [5] описывается алгоритм разделения сигналов и классификация данных PU и SU, при этом SU генерируют сигнал DVB-T в соответствующем диапазоне частот. Данные разделяются на основе корреляционного анализа и неравномерности спектра на границах частотных поддиапазонов. Публикация [6] посвящена классификации

пользователей с применением классификаторов SVM и KNN. Для обнаружения данных PU использовались амплитудные значения спектра и опорная структура кадра SU. Статья [7] описывает метод совместного использования лицензионного спектра в беспроводных сетях с TDMA и OFDMA разделением. В работе представлена обобщённая структура кадра для SU, которая содержит заголовок и данные. Формирование нового кадра производится на основе результатов обнаружения предыдущего кадра. В ходе анализа работ установлено, что классификация данных PU и SU осуществляется на основе амплитудных значений зондируемого спектра и структуры передаваемых данных, которую выделяют методами корреляции.

Адаптация передатчика к линии радиосвязи подразумевает оптимальный выбор схемы модуляции и типа кодирования на основе информации о состоянии канала передачи. Важной задачей в программно-определяемых радиосистемах является распознавание типа модуляции принимаемых сигналов при различных отношениях сигнал/шум (ОСШ). Задачи радиомониторинга включают не только обнаружение события выхода пользователя в эфир, но и определение конкретного типа сигнально-кодовой конструкции (формата кадра), что требует обязательной достоверной оценки типа и позиционности модуляции. Кроме того, SU должны совместно координировать доступ к спектру и избегать коллизий между всеми пользователями когнитивной системы связи.

Данная работа посвящена формированию классификационной модели данных, передаваемых в когнитивной системе связи на базе сети LTE, на основе типа их модуляции и разработке модели разделения данных PU и SU для обеспечения возможности планирования режима совместного доступа с надлежащей координацией между когнитивными устройствами.

## **1. Модель разделения данных первичных и вторичных пользователей в когнитивной системе связи**

Для формирования данных PU предложено использовать модель на основе сети LTE [8]. В каждый кадр LTE интегрируются данные SU, формируется радиосигнал для его передачи, который подвергается шумовому воздействию, после чего осуществляется процедура восстановления переданного кадра. По принятым данным классифицируется тип пользователя. В качестве PU предлагается использовать абонентские устройства (User Equipment, UE) и базовые станции (Base Station, BS), которые обмениваются данными в сети LTE по восходящей и нисходящей линиям связи. SU являются когнитивными



устройствами, которые используют технологию DSA [3] для организации взаимной передачи данных по рабочим каналам сети LTE.

В работах [2, 8, 9] описана модель формирования карты радиоактивности (Radio Environment Map, REM) в сети LTE путем моделирования радиосигналов на местности с учетом сценариев перемещения и активности UE. Данная модель является основой для определения занятых и свободных частотных ресурсов.

## 2. Классификация данных в когнитивной системе связи на базе сети LTE

Предлагается модель классификации передаваемых данных, представленная на рис. 1, которая построена на основе типов сигналов, передаваемых в сети LTE и определенных спецификацией TS 36.211, с учетом данных SU [8].

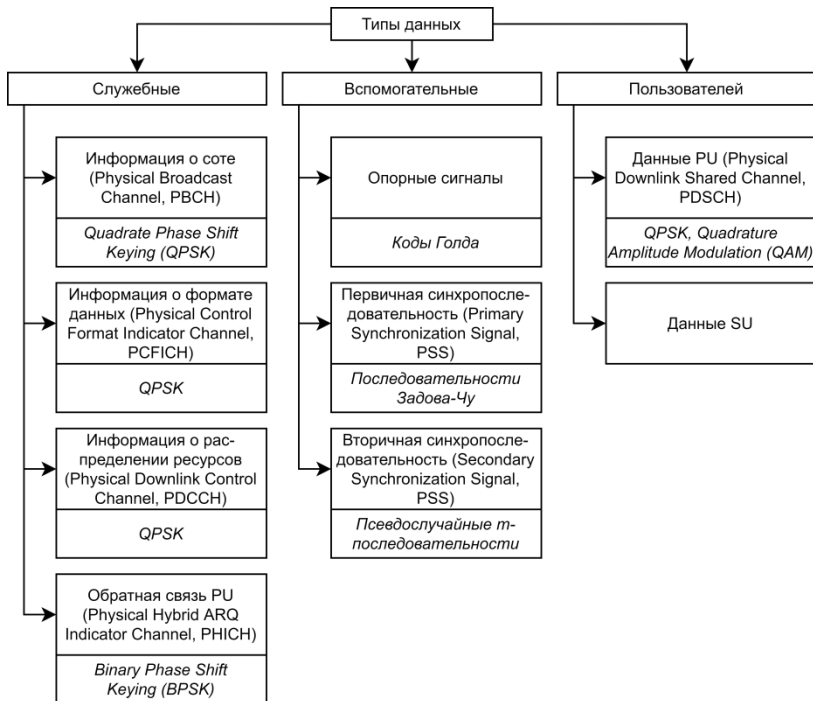


Рис. 1. Классификация данных в когнитивной системе связи на базе LTE и применяемая модуляция

Отнесение сигнала к конкретному типу предлагается осуществлять на основании схемы применяемой модуляции, а также расположения данных в ресурсной сетке кадра LTE.

Передача пользовательских данных от BS к UE осуществляется транспортными блоками каждый подкадр (1 мс) LTE. Данные содержат блок системной информации (System Information Block, SIB) и сведения о сигналах вызова абонентов.

Для организации связи между SU необходимо использовать определенный протокол, который должен поддерживать пакетную передачу с определенной структурой и форматом кадра в течение одного ресурсного блока (Resource Block, RB) кадра LTE. На данный момент не существует спецификации организации обмена данными среди описанных SU. Для упрощения имитационного моделирования предлагается использовать кадр, размер которого составляет один RB со следующей структурой данных: номер посылки, номер пакета, количество пакетов, данные, биты проверки целостности (Cyclic Redundancy Check, CRC), уникальный номер посылки. Структура пакета передаваемого сигнала SU представлена на рис. 2.

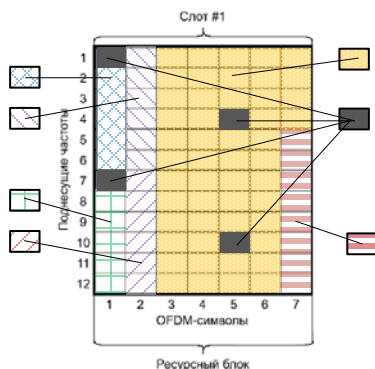


Рис. 2. Структура пакета передаваемого сигнала SU

### 3. Программная реализация модели и результаты исследований

Для генерации пользовательских данных PU со случайным распределением частотных ресурсов необходимо задать параметры BS: идентификатор, число подкадров, номера RB, кадра и подкадра, ширина канала, количество портов, циклический префикс, режим доступа. Информационные биты (полезная нагрузка) передаются в виде массива ячеек и заполняют выделенный частотный ресурс.

Для внедрения данных SU необходимо определить свободный RB, поиск которого осуществляется в заданной полосе полным перебором кадра LTE. Первый свободный RB задействуется для передачи данных. На рис. 3 приводится ресурсная сетка с интегрированными данными SU.

Для имитации канала связи ресурсная сетка с данными SU преобразуется в радиосигнал LTE и суммируется с белым шумом. Для имитации приема переданных данных определяется начало кадра LTE путем синхронизации по сигналам синхропоследовательностей (Primary Synchronization Signal, PSS и Secondary Synchronization Signal, SSS) и вычисляется физический идентификатор соты PCI.

Полное восстановление ресурсной сетки можно выполнить, декодируя блоки служебной информации (Master Information Block, MIB) и SIB. Каждый блок SIB содержит набор соответствующих параметров и данные PU, а некоторые включают блок MIB, который содержит значения наиболее часто передаваемых параметров: количество выделенных RB и антенн нисходящей связи, номер кадра системы, информация о подтверждении приема пакетов в восходящей линии связи. Блоки MIB поддерживаются на уровне широковещательного канала (Broadcast Chanel, BCH), а все другие блоки SIB (включая SB) – на уровне нисходящего канала совместного использования (Down Link Shared Chanel, DL-SCH).

Классификация осуществляется на основе данных о расположении служебной информации, значениях и типе модуляции данных в ресурсных элементах сетки, включая шаги: определение рабочей станции и ее основных параметров; сопоставление опорных сигналов (Cell RS) с найденными объектами на ресурсной сетке, проверка и сопоставление PSS и SSS; сопоставление служебных данных по их расположению и виду модуляции; поиск данных PU по декодированной информации из MIB и SIB блоков о занятых RB; поиск данных SU по всей ресурсной сетке с анализом отдельных RB (при обнаружении UUID одного из SU весь RB относится к SU). Результат классификации представлен на рис. 3.

Моделирование проводилось с использованием программного обеспечения MatLab. Было сформировано 1000 кадров LTE с данными PU, в которые добавлялись сигналы SU. Каждый кадр подвергался наложению шума в диапазоне от плюс 30 дБВт до минус 10 дБВт с шагом в 1 дБВт. Затем выполнялась классификация и разделение данных PU и SU с оценкой вероятности правильного декодирования служебной информации. Оценка рассчитывалась как число правильных считываний данных в MIB и SIB записях с информацией о пользовательских данных PU от общего количества измерений при заданном ОСШ.

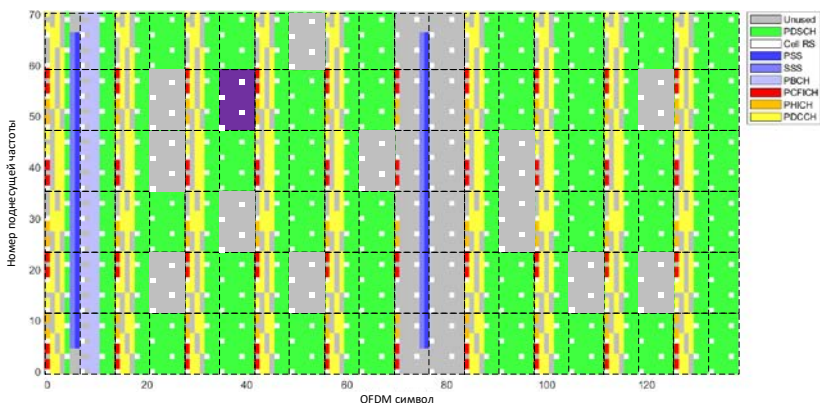


Рис. 3. Структура кадра с классификацией данных

Аналогичным образом производилась оценка правильного декодирования данных SU. Выполненный анализ результатов работы модели показал, что вспомогательные данные определяются даже при очень малых значениях ОСШ (менее 1 дБВт). Служебные данные при значении ОСШ = 5 дБВт успешно декодируются с вероятностью 0.98, а данные SU – при значении ОСШ = 10 дБВт, это связано с отсутствием обработки помехоустойчивым кодам при формировании кадра данных SU для интеграции с данными PU.

### Заключение

Разделение данных PU и SU в ходе приема радиосигнала и его предварительной обработки осуществляется в три этапа: поиск синхропоследовательностей PSS и SSS, определение статических параметров передающей BS; восстановление ресурсной сетки из принятого радиосигнала; классификация путем декодирования служебной информации PU и поиска занятых для передачи данных SU блоков. В результате имитационного моделирования выполнено разделение данных PU и SU на базе сотовой сети связи LTE с имитацией шумового воздействия на формируемый радиосигнал.

### Список литературы

1. Support Vector Machine-Based Classification of Malicious Users in Cognitive Radio Networks / М. Khan [и др.] // Wireless Communications and Mobile Computing. – 2020. – Т. 2020. – С. 1-11
2. Цепи Маркова при формировании карты радиосреды для когнитивной системы связи / Е. Р. Адамовский [и др.] // Вестник

полоцкого государственного университета. Серия С: Фундаментальные науки. – 2022. – № 11. – С. 8-15.

3. Косичкина Т. П., Сперанский В. С., Спиринов А. П., Фролов А. А. Когнитивные сверхширокополосные радиосистемы как метод повышения эффективности использования радиочастотного спектра // T-Comm: Телекоммуникации и транспорт. – 2015. – Т. 9. – № 12. – С. 37-43.

4. Beibei W., Ray Liu K. J. Advances in Cognitive Radio Networks: A Survey // IEEE Journal of selected topics in signal processing. 2011. V. 5, № 1. P. 5-23.

5. Guibene, W. Signal separation and classification algorithm for cognitive radio networks / W. Guibene, D. Slock. – 2012. – С. 301-305.

6. Pattern Classification Techniques for Cooperative Spectrum Sensing in Cognitive Radio Networks: SVM and W-KNN Approaches / M. T. Karaputugala [и др.] // GLOBECOM - IEEE Global Telecommunications Conference. – 2012. – С. 1260-1265.

7. Pandit, S. An overview of spectrum sharing techniques in cognitive radio communication system / S. Pandit, G. Singh // Wireless Networks. – 2017. – Т. 23

8. Адамовский, Е. Р. Модель формирования карты радиосреды для когнитивной системы связи на базе сотовой сети LTE / Е. Р. Адамовский, В. М. Чертков, Р. П. Богуш // Компьютерные исследования и моделирование. – 2022. – Т. 14, № 1.

9. Богуш, Р. П. Состав и представление данных для модели когнитивной системы связи на базе LTE / Р. П. Богуш, Е. Р. Адамовский, В. М. Чертков // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия С. Фундаментальные науки. – 2021. – № 12. – С. 13-20.

# **Секция 3**

## **Технологии обработки и защиты информации**

# Confidentiality in cyberspace and how it is violated

A. A. Ganiev

K. F. Kerimov

Z. I. Azizova, email: z.i.azizova@mail.ru

Tashkent University of Information Technologies named  
after Muhammad al-Khwarizmi

**Abstract.** *Cyberspace is a new platform for social activities. Necessity to develop and improve legal restrictions on access to users' private information is as urgent as development and improvement of methods, mechanisms and software tools to protect personal data in cyberspace. This article discusses ways to breach privacy in cyberspace, as well as the application of personal data de-identification as a data privacy method.*

**Keywords:** *personal data, cyberspace, privacy breach, data compromise, global network, de-identification.*

## Introduction

Nowadays, there are a number of international and national legislations that limit the collection and use of personal data in cyberspace, ensuring the privacy of personal data of users, based on the idea of "fair information practices" as a necessity to develop the concept of multidimensional privacy on the Internet. Along with the protection of personal data, the process of de-identification of personal data becomes a necessary condition for the process of digitalization of society [1].

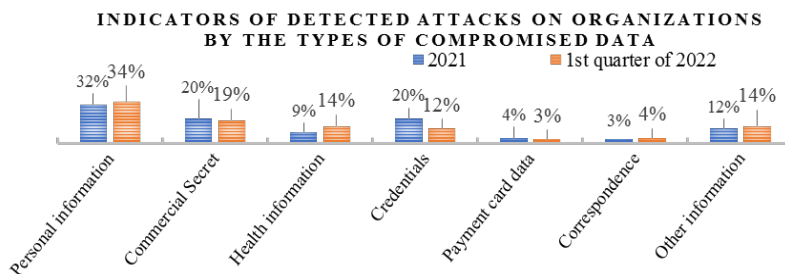
De-identification is a good strategy to preserve the usefulness of personal data and to reduce the risks of its compromise afterwards. When a dataset has undergone a de-identification process and it is not possible to determine whether the individual data belongs to a specific data subject, the data protection law becomes null and void. In this case, creating a true anonymised dataset from a huge set of personal data, with only the required information retained, becomes a difficult task.

## Fields of attack targeting the dissemination of confidential information in cyberspace

Information processing and sharing are becoming a major revenue stream for many organizations. Improvements in Internet capabilities, such as increased speed and reduced costs of use, have given the global network a role to play. Focusing on key principles (obligations limiting the use of

personal data; open and transparent data processing systems; limited procedural and substantive rights; timely external controls) "fair information practices" [2] provides the basis for modern international legislation on personal data protection and privacy. Consequently, each new improvement in the performance of the technical infrastructure and the connection of each new user to the global network has a positive effect on those who are already active users in cyberspace. Because cyberspace can be organized in any way, it is possible to create highly effective conditions for the security of privacy in cyberspace. This is facilitated by the various technical components and software tools that are used for the lawful use of personal data in cyberspace.

The use of one technology or another, including the development of data protection software, is an important element in structuring different types of access to personal data. Modern solutions increase the likelihood of the spread of confidential information in cyberspace, rather than reducing the quantity and quality of published personal data.



*Pic.* Data theft rates in attacks on organisations

According to the Positive Technologies report "Topical Cyber Threats: Q1-2022" [3] in the first quarter of 2022, the number of detected attacks increased by 14.8% over the fourth quarter of 2021 to 714 detected attacks. At the same time, attacks against individuals accounted for 15% of the total number of detected attacks in Q1-2022. Thus, out of 107 detected attacks on individuals 49 attacks resulted in stealing user credentials, 22 attacks resulted in compromising payment card data, 20 attacks compromised personal data, 3 attacks resulted in providing correspondence data of individuals and 11 attacks resulted in compromising other information. Consequences of the attacks as compromise of confidential data made up 55%, direct financial losses - 25%, use of company or private person's resources for the attacks - 6%, damage to the state interests - 2%, violation of main activity - 1%, other information - 3% and 23% \*- unknown from the total number of attacks



detected. Attackers mostly targeted people (90%), followed by computers, servers and network equipment (32%), mobile devices (17%), web resources (2%) and other objects (1%). Attackers preferred social engineering methods, the use of malware, exploitation of vulnerabilities and compromising credentials to launch attacks on individuals.

It should be noted that cybercriminals predominantly targeted personal data belonging to employees of organizational structures. When comparing this indicator to the types of stolen data for 2021 [4], we can observe an upward trend of 2%. Fig. 0 illustrates this point.

Thus, we can conclude that the number of realized attacks on individuals is increasing, as well as the interest of attackers to sensitive user data, in particular personal data used by cybercriminals as a consequence of this, should be carried out to carefully select the tools and methods used to protect sensitive data.

The result of abusive information interactions in cyberspace arises from the creation, storage, transmission and processing of personal data in such areas as personal computers, Internet service providers and websites.

The compromise of personal data of personal computer owners can be accomplished in several ways. Primitive deletion of data from a personal computer carries some risk of recovering deleted information from a hard drive or other data storage location, except in cases of complete data destruction. Personal computers also allow confidentiality to be breached by storing information about users' online activities. Typically, web browsers contain software protocols that create files about websites visited. An outside user can access this data if he or she has physical access to this data, or if he or she accessed these files remotely by exploiting vulnerabilities in web browsers. In the process of information interaction in cyberspace, data is also written to the computer's cache files. And since cache files are stored on a computer's hard drive and in its RAM, it is not particularly difficult to gain remote access to these files. If you have access to a global network, personal computers can violate privacy through the use of cookies. When re-opening a particular website, the browser sends a copy of the cookie back to the website. On the one hand, cookies allow to identify the user. On the other hand, they can be seen as a source of detailed information about users' personal preferences on the global network, as they are used to provide information about users' accounts and for other administrative purposes. In terms of technical restrictions on reading cookies by the websites that set them - nothing prohibits the use of cookies to collect users' personal data.

Access to the global network requires the use of a service provider that provides Internet connectivity. Service providers may have access to confidential information about their customers' WAN activity. ISPs can

aggregate this data together with information about the performance of the services provided. They have the ability to coordinate their customers' information. Internet service providers have detailed information (name, address, telephone number, residential address, credit card number, and so on) about each of their customers at the time that they create a customer account. In addition, they have detailed information about their online activity.

Websites can provide privacy risks and can be considered a third source of collection of personal information in cyberspace, as user data is collected, shared and commercialized through websites. Active user interaction on social networks has significant implications in terms of personal data protection. Users post personal messages in a database to which third parties also have access. There is no guarantee that messages, user data and email addresses are not archived without specific restrictions on further use.

There are quite a few sites on the Internet that collect and sell publicly available information about private persons. Organizations, individuals, media workers, and others can visit sites such as "DigDirt" or "WeSpy4U" and, for a fee, collect a dossier on almost anyone [5].

In each of the aforementioned areas a certain amount of detailed personal data emerges, and often cyberspace users falsely believe that they can control the process of personal information distribution - to limit this or that level of anonymity online, or to provide the data they publish with full disclosure of their identity and preferences. In reality, most users have no control over the complex processes of creating, integrating and publishing personal data, or no idea about the subsequent use of the data they publish online.

### **Conclusion**

As a promising basis for the improvement of information technology, cyberspace forms new links for the interaction of society in any field of activity. The protection of personal data covers not only the definition of measures and means of personal data protection, but also the reduction of cost indicators allocated to data protection while complying with basic information protection requirements; training of personal data operators and compliance with the rights of subjects in the search, data collection and data processing of personal data in information systems. In this work, statistical indicators were analyzed in terms of the most relevant areas for data retrieval by attackers. Subsequent research activities will focus on algorithm development and software implementation of the personal data protection system, including re-identification plug-ins and evaluation of the effectiveness of the results.

## References

1. Ganiev, A.A. Understanding of Data De-identification: Issues of Relevance and Problems / A.A. Ganiev, K.F. Kerimov and Z.I. Azizova // International Conference on Information Science and Communications Technologies (03-05 November 2021). - Tashkent, Uzbekistan, 2021.
2. Flaherty, David H. Protecting privacy in surveillance societies : the Federal Republic of Germany, Sweden, France, Canada, and the United States / Flaherty, David H. – The University of North Carolina Press, 1989. – 507 p.
3. Positive Technologies. Актуальные киберугрозы: I квартал 2022 года. [Электронный ресурс] : база данных. – Режим доступа: <https://www.ptsecurity.com/ru-ru/research/analytics/cybersecurity-threatscape-2022-q1>
4. Positive Technologies. Актуальные киберугрозы: итоги 2021 года. [Электронный ресурс] : база данных. – Режим доступа: <https://www.ptsecurity.com/ru-ru/research/analytics/cybersecuritythreatscape-2021>
5. Rajiv M. Dewan, One-to-one marketing on the internet / Rajiv M. Dewan, Bing Jing, Abraham Seidmann. // Proceedings of the Twentieth International Conference on Information Systems (Charlotte, North Carolina, USA, 13-15 December 1999). – Charlotte, North Carolina, USA, 1999. – P. 93-102.

# Исследование возможности практической реализации алгоритмов автосопровождения траекторий воздушных объектов

М. Альмахмуд, email: malmahmud04@gmail.com

Е. А. Богословский, email: qro76@yandex.ru

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»  
(г. Воронеж)

**Аннотация.** В статье представлена оценка предлагаемого метода оценки координат воздушных объектов путем вычисления их экстраполированных значений между интервалами радиолокационных измерений и возможности его технической реализации в реальном масштабе времени.

**Ключевые слова:** воздушный объект, количество операций, фильтра Калмана, радиолокационных измерений, экстраполяция.

## Введение

В настоящее время существует ряд способов отслеживания траектории воздушных объектов (ВО). К ним относятся: альфа-бета фильтр, альфа-бета-гамма фильтр, фильтр Кальмана (ФК) и интерактивный многомодельный (ИММ) алгоритм.

Эти способы обладают существенными достоинствами, однако в то же время им присущи некоторые недостатки.

Для улучшения качества сопровождения ВО и устранения недостатков, характерных для всех способов, в работе предлагается в используемых алгоритмах между интервалами радиолокационных измерений (РЛИ) вычислять экстраполированные значения координат для повышения их точностных характеристик. Количество экстраполированных значений будет зависеть от величины интервала РЛИ и используемых вычислительных мощностей.

Этот метод для получения оценки координаты  $x$  может быть реализован с помощью устройства, структурная схема которого показана на рис. 1 (для получения оценок координат  $y$  и  $z$  необходимо использовать аналогичные устройства).

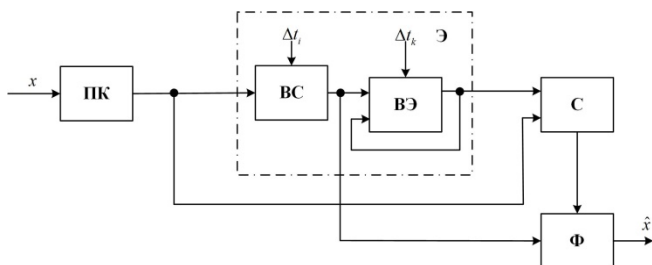


Рис. 1. Схема устройства, реализующего метод оценки координат ВО

Устройство работает следующим образом. Измеренный РЛС сигнал в сферических координатах  $(R, \alpha, \beta)$  поступает на вход преобразователя координат (ПК), который преобразует их в декартовы, согласно следующим уравнениям:

$$\begin{aligned} x_N &= R_N \cos \alpha_N \cos \beta_N; \\ y_N &= R_N \sin \alpha_N \cos \beta_N; \\ z_N &= R_N \sin \beta_N, \end{aligned} \quad (1)$$

где  $N$  – номер отсчета РЛИ.

В экстраполяторе (Э) в каждом промежутке между отсчетами РЛИ  $\Delta t_i$  рассчитываются экстраполированные значения координат ВО. Интервал между отсчетами РЛИ принимается равным  $\Delta t_i = 9$  с, а экстраполированные значения координат рассчитываются через каждую секунду ( $\Delta t_k = 1$  с) между отсчетами РЛИ. Таким образом, между отсчетами РЛИ имеется восемь экстраполированных значений координат.

Количество экстраполированных значений координат может быть и большим (при  $\Delta t_k < 1$  с), но при этом возникает вопрос быстродействия работы устройства и возможности его технической реализации в реальном масштабе времени (РМВ).

Экстраполятор состоит из вычислителя скорости между отсчетами РЛИ (ВС) и вычислителя экстраполяции (ВЭ).

ВС рассчитывает величины проекций скорости ВО на оси  $OX$ ,  $OY$ , и  $OZ$  между соседними отсчетами РЛИ в соответствии со следующими соотношениями:

$$v_{xi} = \frac{x_{i+1} - x_i}{\Delta t_i}; v_{yi} = \frac{y_{i+1} - y_i}{\Delta t_i}; v_{zi} = \frac{z_{i+1} - z_i}{\Delta t_i}, \quad (2)$$

которые передает в ВЭ, где производится расчет прогнозируемых отсчетов координат, измеряемых через интервал  $\Delta t_k$  в соответствии со следующими уравнениями:

$$\begin{aligned} x_{i(k+1)} &= x_{i(k)} + v_{xi} \Delta t_k; \\ y_{i(k+1)} &= y_{i(k)} + v_{yi} \Delta t_k; \\ z_{i(k+1)} &= z_{i(k)} + v_{zi} \Delta t_k, \end{aligned} \quad (3)$$

где  $x_{i(1)} = x_i$ ;  $y_{i(1)} = y_i$ ;  $z_{i(1)} = z_i$ ;  $\Delta t_i = 9 \Delta t_k$ ;  $i = 1, 2, \dots, N$ ;  $k = 1, 2, \dots, 9$ .

В сумматоре (С), измеренные и экстраполированные значения суммируются. Сигнал на выходе С схематически представлен на рис. 2. Этот сигнал передается на вход фильтра (Ф), на выходе которого формируются оценочные значения координат  $\hat{x}$ ,  $\hat{y}$ ,  $\hat{z}$ .

Для выполнения экстраполяции воспользуемся известным  $\alpha - \beta$  - фильтром [1]. При этом, однако, может быть задействован любой из известных фильтров ( $\alpha - \beta - \gamma$  - фильтр, ФК, ИММ и т.д.).

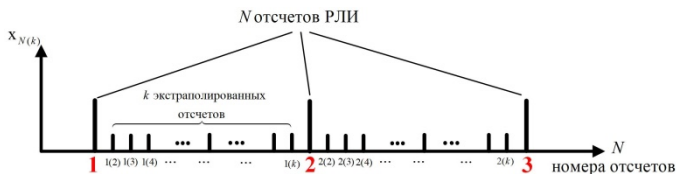


Рис. 2. Взаимное расположение отсчетов РЛИ и экстраполированных отсчетов на оси времени

Любой алгоритм характеризуется вычислительными затратами, выраженными числом арифметических операций, необходимых для его реализации [2]. Результаты аналитического расчета требуемого объём вычислений получают отдельно по числу элементарных операций.

Процесс обработки РЛИ имеет ярко выраженный информационно-логический характер [3, 4]. В нем логические операции и операции пересылок переходов составляют до 80 % от общего числа элементарных операций, выполняемых на ЭВМ в процессе реализации алгоритмов.

Рассчитаем количество операций следующим образом с учетом [5].

### 3. Преобразователь координат

Функциональная схема ПК представлена на рис. 3.

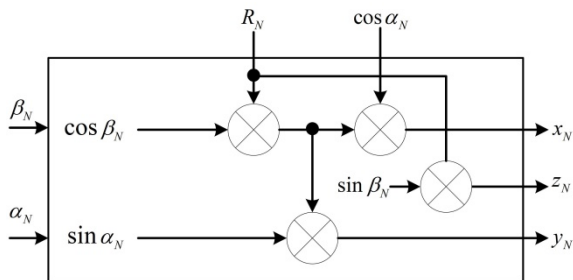


Рис. 3. Функциональная схема устройства преобразователя координат

При наличии одного ВО в соответствии с (1) количество операций будет равно 10.

#### 4. Вычислитель скорости

Функциональная схема ВС представлена на рис. 4, где  $Z_{t_i}$  – задержка на такт ( $\Delta t_i$ ).

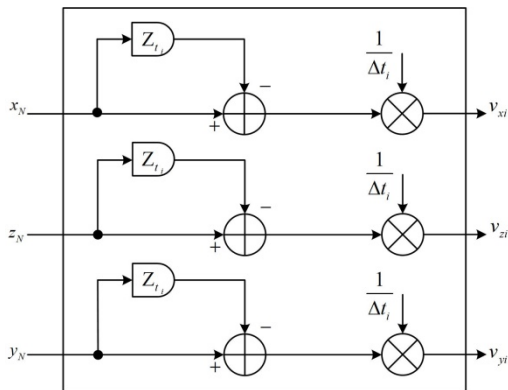


Рис. 4. Функциональная схема вычислителя скорости

При наличии одного ВО в соответствии с (2) количество операций будет равно 9.

#### 5. Вычислитель экстраполяции

Функциональная схема ВЭ представлена на рис. 5, где  $Z_{t_k}$  – задержка на такт ( $\Delta t_k$ ).

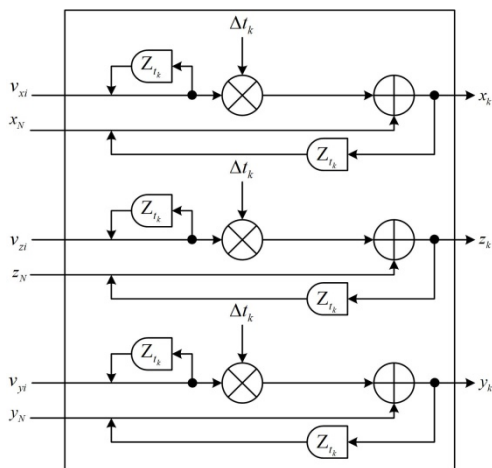


Рис. 5. Функциональная схема вычислителя экстраполяции

При наличии одного ВО в соответствии с (3) количество операций будет равно 21.

6. Сумматор

Функциональна схема С представлена на рис. 6.

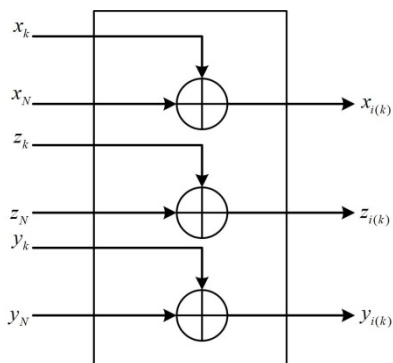


Рис. 6. Функциональная схема сумматора

При наличии одного ВО в соответствии количество операций будет равно 3.

7.  $\alpha - \beta$  – фильтр

Функциональна схема  $\alpha - \beta$  – фильтра представлена на рис. 7.



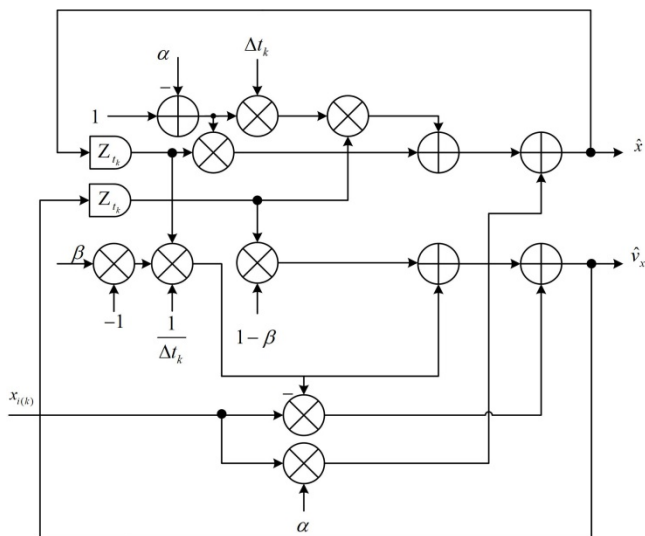


Рис. 7. Функциональная схема  $\alpha - \beta$  - фильтра

При наличии одного ВО в соответствии с [5] количество операций будет равно 46.

Таким же образом получают оцениваемые значения параметров  $\hat{y}$ ,  $\hat{v}_y$ ,  $\hat{z}$ ,  $\hat{v}_z$ .

С увеличением  $L_{BO}$  количество операций для всех рассмотренных элементов пропорционально возрастет и будет составлять соответственно  $N_{ПК} = 10 L_{BO}$ ;  $N_{ВС} = 9 L_{BO}$ ;  $N_{ВЭ} = 21 L_{BO}$ ;  $N_C = 3 L_{BO}$  и  $N_{\alpha-\beta} = 46 L_{BO}$ .

Обобщая полученные данные по количеству операций, учитывая то, что возможно изменение временных интервалов  $\Delta t_i$  и  $\Delta t_k$ , а также принимая во внимание [5] в конечном итоге для  $N_{\alpha-\beta}$  может быть получено следующее соотношение:

$$N_{\alpha-\beta} = N_i L_{BO} (21 + 24\gamma + 136\mu). \quad (4)$$

В (4):  $N_i = T_D \Delta t_i^{-1}$  – общее количество обращений к памяти при выполнении экстраполяции;  $T_D$  – общее время прохождения ВО зоны ответственности системы управления воздушным движением (УВД);

$L_{BO}$  – количество сопровождаемых в зоне ответственности ВО;

$$\gamma = (\Delta t_i - \Delta t_k) \Delta t_k^{-1}; \quad \mu = \Delta t_i \Delta t_k^{-1}.$$

На рис. 8 представлены зависимости  $N_{\alpha-\beta} = f(L_{BO}, \Delta t_k)$ .

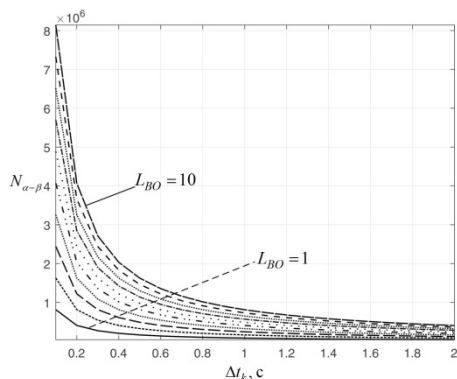
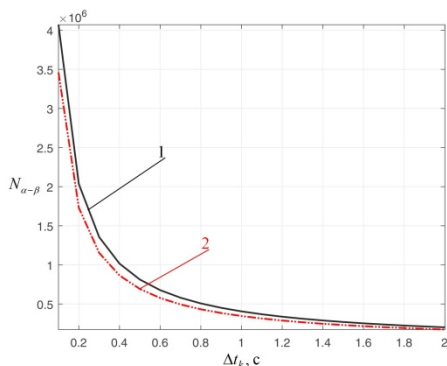


Рис. 8. Зависимости  $N_{\alpha-\beta} = f(L_{BO}, \Delta t_k)$ . при  $\Delta t_i = 5$  с

Из рис. 8 видно, что  $N_{\alpha-\beta}$  возрастает с увеличением  $L_{BO}$  и уменьшается с увеличением интервала экстраполяции  $\Delta t_k$ .

На рис. 9 представлены зависимости  $N_{\alpha-\beta} = f(\Delta t_k)$  с экстраполяцией и без нее при  $\Delta t_i = 5$  с, и  $L_{BO} = 5$ .



1 – с экстраполяцией; 2 – без экстраполяции

Рис. 9. Зависимости  $N_{\alpha-\beta} = f(\Delta t_k)$  при  $\Delta t_i = 5$  с, и  $L_{BO} = 5$

Из рис. 9 видно, что  $N_{\alpha-\beta}$  возрастает с экстраполяцией, однако, исходя из мощностей современных вычислительных средств [6], оценка координат ВО вполне возможна в реальном масштабе времени.

В работе рассчитаны временные показатели работы по оценке координат ВО при использовании ФК,  $\alpha - \beta$  – фильтра без экстраполяции,  $\alpha - \beta$  – фильтра с экстраполяцией и ИММ-фильтра. Эти показатели для  $L_{BO} = 1$ ,  $\Delta t_i = 9\text{с}$  и  $\Delta t_k = 1\text{с}$  обобщены в таблице.

Таблица

*Временные показатели работы по оценке координат ВО*

Алгоритм обработки	Время, с
ФК	4,228
$\alpha - \beta$ – фильтр	2,403
ИММ-фильтр	15,503
$\alpha - \beta$ – фильтр с экстраполяцией	11,167

Данные таблицы свидетельствуют об увеличении вычислительной сложности с экстраполяцией по сравнению с ФК и  $\alpha - \beta$  – фильтром без экстраполяции. Но при этом, как можно отметить, ИММ фильтр превосходит по своей вычислительной сложности фильтрацию с экстраполяцией.

При движении ВО по заданной траектории вокруг нее строится область безопасности (ОБ). Размеры ОБ определяются нормами продольного, бокового и вертикального эшелонирования, она может быть представлена в виде параллелограмма, цилиндра, сферы, эллипсоида вращения [7].

В соответствии с требованиями по производству полетов принято, что вероятность нарушения безопасности полетов должна быть  $P_{\text{НБП}} \leq 10^{-6}$  [8].

Область безопасности ВО зависит от точности измерения дальности и угловых координат. При моделировании среднеквадратические отклонения (СКО) оценок координат ВО относительно РЛС оказались практически одинаковыми, при этом область безопасности вокруг ВО можно аппроксимировать объемной фигурой в виде сферы объемом равным

$$W_n = 1,33\pi (6\sigma_{\Delta})^3, \quad (5)$$

где  $\sigma_{\Delta}$  – пересчитанная в линейные размеры СКО угловых координат.

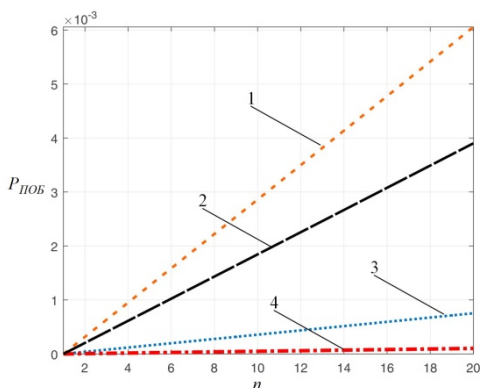
Область (объем) зоны ответственности РЛС  $W_n$  составляет в пространстве приблизительно  $9,77 \times 10^{11}$  м<sup>3</sup>. Геометрический объем современного высокой маневренного воздушного судна в пространстве  $dW \approx 1,9125 \times 10^3$  м<sup>3</sup>. Тогда вероятность непопадания ВО в область безопасности

$$P_{НП} = 1 - \frac{dW}{W_n}. \quad (6)$$

Вероятность пересечения ОБ для  $n$  ВО, находящихся в зоне ответственности аэродрома, будет определяться по формуле:

$$P_{ПОВ} = \frac{(n-1)W_n}{W_p - (n-1)W_n} P_{НП}. \quad (7)$$

На основе выражений (5) - (7) и значений СКО оценки угловых координат ВО была рассчитана вероятность пересечения областей безопасности ВО  $P_{ПОВ}$ , а следовательно и возникновения потенциально-конфликтных ситуаций от точностных характеристик РЛС в зависимости от числа ВО  $n$ .



1 –  $\alpha - \beta$  – фильтр; 2 – ФК; 3 – ИММ фильтр;  
4 –  $\alpha - \beta$  – фильтр с экстраполяцией

Рис. 10. Зависимость  $P_{ПОВ}$  от точностных характеристик РЛС в зависимости от числа ВО

## Заключение

Анализ зависимостей  $P_{ГЛОБ}$  представленных на рис. 10 позволяет сделать следующие выводы:

1. При использовании предлагаемого фильтра с экстраполяцией с учетом пространственного положения цели уменьшается вероятность пересечения областей безопасности летательных аппаратов по сравнению с ФК (36 раз),  $\alpha - \beta$  – фильтром (56 раз), и ИММ фильтром (7 раз).

2. С увеличением количества самолетов в ближней зоне разность вероятностей пересечения областей безопасности алгоритма с экстраполяцией возрастает, по сравнению с ФК,  $\alpha - \beta$  – фильтром, и ИММ фильтром, что позволяет увеличить пропускную способность системы посадки в районе аэродрома.

## Список литературы

1. Ben, H.C. Description of an Alpha-Beta filter in cartesian coordinates / H.C. Ben, – NAVAL RESEARCH LAB WASHINGTON DC, Naval Research Laboratory (U.S.), Defense Technical Information Center, 1973. – 52 p.

2. Информационные технологии в радиотехнических системах : учебное пособие /В.А. Васин [и др.]. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – 243 с.

3. Пузырев В.А. Алгоритмы оценивания параметров движения летательных аппаратов / В.А. Пузырев, М.А. Гостюхина. – // Зарубежная радиоэлектроника. –1981. – №4. – С. 3-25.

4. Сосулин, Ю.Г. Теория обнаружения и оценивания стохастических сигналов / Ю. Г. Сосулин. – М.: Сов. Радио, 1978. – 320с.

5. Counting-the-floating-point-operations-flops. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/50608>

6. Андреев, Н. А. Анализ эффективности программной реализации типовых операций обработки радиолокационных сигналов на цифровых сигнальных процессорах / Н. А. Андреев, С. В. Витязев, Д. В. Воронков // Сб. тр. участников Международной научно-технической конф. "Радиолокация, навигация, связь (RLNC-2005)", Воронеж, 12-14 апреля 2005 г. – Воронеж, 2005.

7. Кузмин, С. З. Основы теории цифровой обработки радиолокационной информации / С. З. Кузмин. – М.: Советское радио, 1974. – 433 с.

8. Мелехов, Я. А. Анализ и разработка алгоритмов совместной обработки информации в системах относительной навигации / Я. А. Мелехов. – Санкт-Петербург, 2014. – 143 с.

## Параллельная обработка с экстраполяцией в многосенсорных системах измерения координат воздушных объектов

М. Альмахмуд , email: malmahmud04@gmail.com

Е. А. Богословский, email: qro76@yandex.ru

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»  
(г. Воронеж)

**Аннотация.** В статье представлен анализ параллельного метода обработки информации в системах управления воздушным движением с использованием фильтра Калмана и  $\alpha - \beta$  - фильтра, и изучение возможности осуществления экстраполяции оценок координат воздушных объектов в интервалах между отсчетами радиолокационных измерений для повышения их точности при применении фильтра Калмана и  $\alpha - \beta$  - фильтра.

**Ключевые слова:** многосенсорные системы, воздушный объект, управление воздушным движением, фильтр Калмана, экстраполяция оценок координат

На практике часто имеется возможность получения информации об оцениваемом параметре одновременно из нескольких источников. Такая ситуация характерна для высоконадежных резервированных измерительных систем, многосенсорных систем (МСС) измерения координат воздушных объектов (ВО), включающих в себя одновременно несколько радиолокационных станций (датчиков), комплексных систем навигации, использующих информацию многих датчиков и т.п.

Совместная обработка всей имеющейся информации позволяет повысить точность оценивания, однако она сопровождается увеличением требуемого объема вычислений [1-3]. В настоящее время много внимания уделяется созданию алгоритмов совместной обработки информации в МСС на основе фильтра Калмана (ФК), который представляет собой динамическую систему с переменным коэффициентом усиления, величина которого зависит от уровня шумов измерений и точности текущих оценок. Иначе его можно рассматривать как следящую систему [2], полоса пропускания которой, определяемая величиной коэффициента усиления, изменяется в процессе работы.

Пудем считать, что имеется  $M$  датчиков ( $M > 1$ ), измеряющих координаты ВО. Все измерения от датчиков поступают на центральный

процессор (ЦП). Полагаем, что интересующий нас ВО описывается линейным динамическим уравнением вида [4]:

$$\mathbf{x}_{k+1} = \mathbf{F}_k \mathbf{x}_k + \mathbf{v}_k, \quad (8)$$

где  $\mathbf{x}_k$  и  $\mathbf{x}_{k+1}$  – векторы состояния системы в моменты времени  $k$  и  $(k+1)$  соответственно;  $\mathbf{F}_k$  – ее переходная матрица;  $\mathbf{v}_k$  – случайный вектор гауссовских шумов (шумов системы) с нулевым средним и корреляционной матрицей  $E[\mathbf{v}_k \mathbf{v}_l^T] = \mathbf{Q}_k \delta_{kl}$ , где  $E$  – оператор статистического усреднения;  $T$  – знак транспонирования;  $\delta_{kl}$  – символ Кронекера;  $\mathbf{Q}_k$  – диагональная матрица ковариаций шумов состояний.

Считаем также, что все датчики синхронизированы по времени поступления информации на ЦП и в каждый момент отсчета имеется один пакет измерений от каждого датчика. При этом точка начала отсчета определена. Тогда измерение от  $j$ -го датчика в  $k$ -ый момент запишется в виде:

$$\boldsymbol{\eta}_k^j = \mathbf{H}_k^j \mathbf{x}_k + \boldsymbol{\Omega}_k^j, \quad (9)$$

где  $\boldsymbol{\eta}_k^j$  – вектор измерения  $j$ -го датчика в момент времени  $k$ ;  $\mathbf{H}_k^j$  – матрица измерений системы  $j$ -го датчика. Здесь  $\boldsymbol{\Omega}_k^j$  – случайный вектор гауссовских шумов измерений, являющийся дискретным белым гауссовским шумом (БГШ) с нулевым средним, независимым от типа датчика и процесса (1) и имеющим ковариации вида:

$$E[\boldsymbol{\Omega}_k^j \boldsymbol{\Omega}_l^{i^T}] = \mathbf{R}_k^j \delta_{ji} \delta_{kl}, \quad (10)$$

где  $\mathbf{R}_k^j$  – диагональная матрица ковариаций шумов измерений.

При сделанных допущениях рассмотрим параллельный метод обработки информации. В данном методе обработка информации от каждого датчика происходит одновременно (по мере поступления). В этом случае состояние системы обновляется одновременно для всего вектора измерений, хранящегося в памяти:

$$\boldsymbol{\eta}_k = \begin{bmatrix} \boldsymbol{\eta}_k^1 \\ \vdots \\ \boldsymbol{\eta}_k^M \end{bmatrix} = \mathbf{H}_k \mathbf{x}_k + \boldsymbol{\Omega}_k, \quad \text{где } \mathbf{H}_k = \begin{bmatrix} \mathbf{H}_k^1 \\ \vdots \\ \mathbf{H}_k^M \end{bmatrix}, \quad \boldsymbol{\Omega}_k = \begin{bmatrix} \boldsymbol{\Omega}_k^1 \\ \vdots \\ \boldsymbol{\Omega}_k^M \end{bmatrix}.$$

Обозначим предсказанное состояние системы (при использовании параллельного метода и ФК) в момент  $k$  и ее ковариацию в виде [4, 5]:

$$\hat{\mathbf{x}}_{k|k,0} \triangleq \hat{\mathbf{x}}_{k|k-1},$$

$$\mathbf{P}_{k|k,0} \triangleq \mathbf{P}_{k|k-1}.$$

где знак « $\triangleq$ » означает «Равен по определению».

Используя выражение для коэффициента усиления фильтра [4, 5], обновленное уравнение состояния запишется в виде

$$\hat{\mathbf{x}}_{k|k} = \hat{\mathbf{x}}_{k|k-1} + \mathbf{P}_{k|k} \mathbf{H}_k^T \mathbf{R}_k^{-1} \mathbf{v}_k,$$

где невязка  $\mathbf{v}$  равна:

$$\mathbf{v}_k = \begin{bmatrix} \boldsymbol{\eta}_k^1 - \hat{\boldsymbol{\eta}}_{k|k-1}^1 \\ \vdots \\ \boldsymbol{\eta}_k^M - \hat{\boldsymbol{\eta}}_{k|k-1}^M \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \boldsymbol{\eta}_k^1 - \mathbf{H}_k^1 \hat{\mathbf{x}}_{k|k-1} \\ \vdots \\ \boldsymbol{\eta}_k^M - \mathbf{H}_k^M \hat{\mathbf{x}}_{k|k-1} \end{bmatrix};$$

$\hat{\boldsymbol{\eta}}_{k|k-1}^j$  – прогнозируемое новое измерение  $j$ -го датчика.

С учетом выражения (3), обновленное уравнение состояния может быть переписано в виде:

$$\hat{\mathbf{x}}_{k|k} = \hat{\mathbf{x}}_{k|k-1} + \mathbf{P}_{k|k} \sum_{j=1}^M \left( \mathbf{H}_k^j \right)^T \left( \mathbf{R}_k^j \right)^{-1} \mathbf{v}_k^j, \quad (11)$$

где

$$\mathbf{v}_k^j \triangleq \boldsymbol{\eta}_k^j - \mathbf{H}_k^j \hat{\mathbf{x}}_{k|k-1}.$$

Аналогично, рекурсия для инверсной ковариации может быть представлена в следующей простой форме:

$$\mathbf{P}_{k|k}^{-1} = \mathbf{P}_{k|k-1}^{-1} + \sum_{j=1}^M \left( \mathbf{H}_k^j \right)^T \left( \mathbf{R}_k^j \right)^{-1} \mathbf{H}_k^j. \quad (12)$$

На рис. 1 представлена структурная схема параллельного метода объединения информации от  $M$  датчиков  $(D_1, \dots, D_M)$ , где ПК – преобразователь координат, УОТ – устройство объединения траекторий, которое функционирует в соответствии с (4–5).



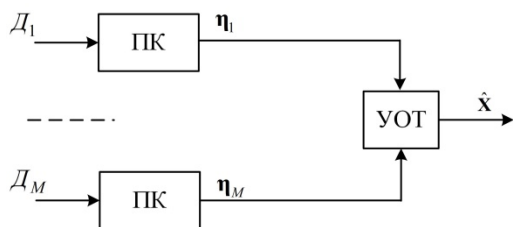


Рис. 1. Структурная схема параллельного метода

Функциональная схема УОТ показана на рис. 2.

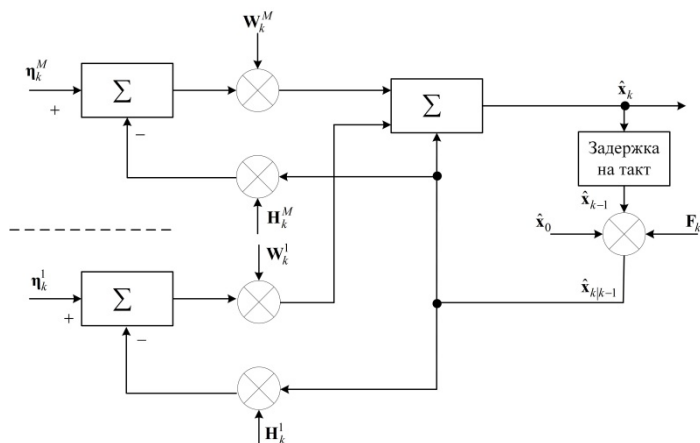


Рис. 2. Функциональная схема устройства объединения траекторий

Для повышения устойчивости сопровождения и точности оценки параметров движения ВО предлагается использовать способ, заключающийся в получении экстраполированных значений информации от датчиков МСС между отсчетами измерений. Для этой цели в каждую ветвь схемы, представленной на рис. 1, необходимо включить экстраполятор (Э), как это показано на рис. 3. В схеме на рис. 3 буквой С обозначен сумматор.

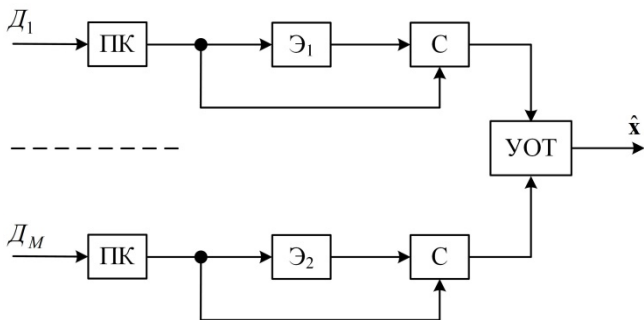


Рис. 3. Структурная схема параллельного метода с экстраполяцией

Структурная схема экстраполятора представлена на рис. 4. На этой схеме ВС – вычислитель скорости; ВЭ – вычислитель экстраполяции;  $\Delta t_i$  – темп обновления информации (время между отсчетами радиолокационной информации (РЛИ));  $\Delta t_k$  – время между рассчитываемыми экстраполированными значениями. Структурная схема экстраполятора от ветви к ветви не изменяется.

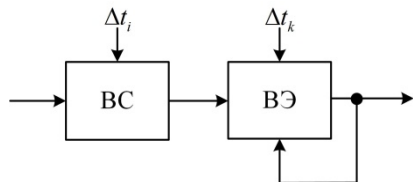


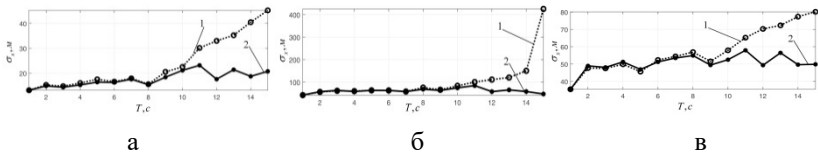
Рис. 4. Структурная схема экстраполятора

При моделировании работы предлагаемого метода с экстраполяцией использовалось усреднение по одной тысяче ( $N = 1000$ ) независимым реализациям оценок траектории ВО. Координаты РЛС1 и РЛС2 (датчиков МСС) принимались следующими:  $x_{РЛС1} = 14000$  м;  $y_{РЛС1} = -1000$  м;  $x_{РЛС2} = 14000$  м;  $y_{РЛС2} = +1000$  м; время обновления информации от РЛС1 и РЛС2 рассматривалось с изменением от 1 до 15 секунд.

На рис. 5, представлены результаты моделирования при исходных данных, обобщенных в таблице. Результаты иллюстрируют изменение среднеквадратические отклонения (СКО) координаты  $x$  ВО. Изменения СКО координат  $y$  и  $z$  не показаны, но в целом поведение этих зависимостей совпадает с зависимостью по координате  $x$ .

## Исходные данные для моделирования и обозначения на рис. 5

Исходные данные		Рис. 5, а	Рис. 5, б	Рис. 5, в
СКО ошибок измерения РЛС1	по дальности, м	36	200	100
	по азимуту, градус	0,01	0,01	1
	по углу места, градус	0,01	0,01	1
СКО ошибок измерения РЛС2	по дальности, м	36	36	50
	по азимуту, градус	0,01	0,01	0,1
	по углу места, градус	0,01	0,01	0,1



1 – без экстраполятора, 2 – с экстраполятором

Рис. 5. СКО координаты  $x$  в зависимости от времени обновления информации  $T$ 

Из рис. 5 (а, б, в) видно, что предлагаемый способ позволяет повысить точность определения координат ВО, его эффективность возрастает при более высоких значениях времени обновления РЛИ.

Результаты исследования предлагаемого способа, представленные на рис. 5, свидетельствуют о том, что он работоспособен и позволяет добиться существенного выигрыша в точности определения координат ВО. Кроме того, он обладает всеми присущими МСС достоинствами, а именно большой информативностью и живучестью.

В работе предлагается использовать другой метод объединения информации с использованием  $\alpha - \beta$  - фильтра, при тех же условиях и допущениях, представленных выше.

Опираясь на классическое описание  $\alpha - \beta$  - фильтра [2, 6], могут быть получены следующие уравнения

$$\hat{\mathbf{X}}_k^j = \mathbf{A}_k^j \hat{\mathbf{X}}_{k-1}^j + \Gamma_k^j \mathbf{Z}_k^j, \quad j = 1, \dots, M; \quad (13)$$

$$\hat{\mathbf{X}}_k = \mathbf{A}_k^M \hat{\mathbf{X}}_{k-1} + \mathbf{\Gamma}_k^M \frac{\sum_{j=1}^M \hat{\mathbf{X}}_k^j}{M}, \quad j=1, \dots, M, \quad (14)$$

где  $\hat{\mathbf{X}}_k = [\hat{x} \ \hat{v}_x \ \hat{y} \ \hat{v}_y \ \hat{z} \ \hat{v}_z]^T$  – оценка вектора состояния;  $\mathbf{A}_k^j$  – переходная матрица;  $\mathbf{\Gamma}_k^j$  – матрица усиления фильтра ( $\mathbf{A}_k^j$  и  $\mathbf{\Gamma}_k^j$  полностью определены в [6]);  $\mathbf{Z}_k^j = [\zeta_{x,k}^j \ \zeta_{y,k}^j \ \zeta_{z,k}^j]^T$  – вектор измерения;  $\zeta_{x,k}^j, \zeta_{y,k}^j, \zeta_{z,k}^j$  – измеренное положение ВО.

Функциональная схема УОТ, которая функционирует в соответствии с (6–7), показана на рис. 6.

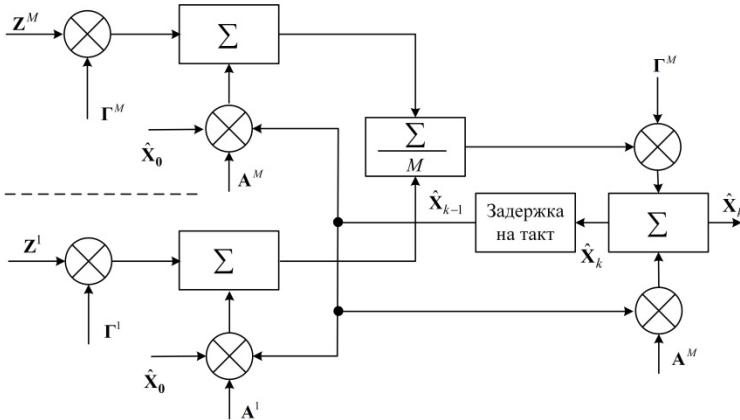
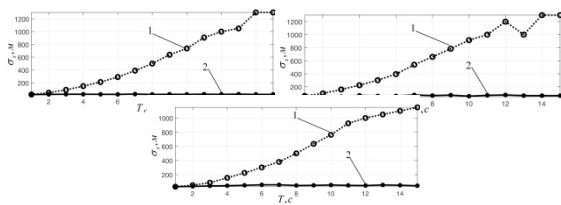


Рис. 6. Функциональная схема устройства объединения траекторий

На рис. 7 представлены результаты моделирования использования  $\alpha - \beta$  – фильтра при исходных данных, обобщенных в таблице.

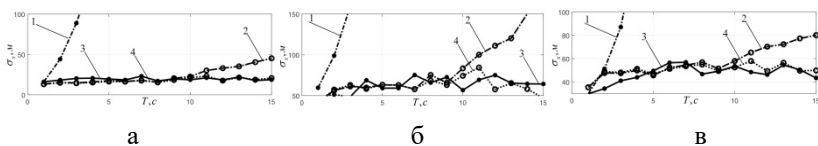


а б в  
 1 – без экстраполятора, 2 – с экстраполятором

Рис. 7. СКО координаты  $x$  в зависимости от времени обновления информации  $T$

Результаты исследования  $\alpha - \beta$  – фильтра (рис. 7 (а, б, в)) показывают, что для него характерны те же достоинства, что присущи ФК.

На рис. 8, представлены сводные результаты моделирования для ФК и  $\alpha - \beta$  – фильтра.



а б в  
 1 – без экстраполяции с  $\alpha - \beta$  – фильтром; 2 – без экстраполяции с ФК;  
 3 – с экстраполяцией с  $\alpha - \beta$  – фильтром; 4 – с экстраполяцией с ФК

Рис. 8. СКО координаты  $x$  в зависимости от времени обновления информации  $T$

Анализ рис. 8 позволяет сделать вывод о том, что ФК и  $\alpha - \beta$  – фильтр с экстраполяцией имеют близкую точность оценивания, причем последний при определенных условиях имеет преимущество в точности перед ФК. При этом без экстраполяции  $\alpha - \beta$  – фильтр существенно уступает ФК в точности получаемой оценки.

Любой алгоритм характеризуется вычислительными затратами, выраженными числом операций, необходимых для его реализации [7].

Проведен анализ количества операций, необходимых для исследуемых алгоритмов с экстраполяцией, который показал, что при реализации метода с ФК и экстраполяцией количество операций описывается следующим уравнением:

$$N_{\text{ФК}} = N_i L_{\text{ВО}} \left( K_{\text{Д}} (21 + 24\gamma) + \mu^{-1} (4959 + 6142 K_{\text{Д}}) \right), \quad (15)$$

а при реализации метода с  $\alpha - \beta$  - фильтром и экстраполяцией – уравнением:

$$N_{\alpha-\beta} = N_i L_{\text{ВО}} \left( K_{\text{Д}} (21 + 24\gamma) + \mu^{-1} (1250 K_{\text{Д}} + 114) \right). \quad (16)$$

В (8) и (9):  $N_i = T_{\text{Д}} \Delta t_i^{-1}$  – общее количество обращений к памяти при выполнении экстраполяции;  $T_{\text{Д}}$  – общее время прохождения ВО зоны ответственности системы УВД;  $L_{\text{ВО}}$  – количество сопровождаемых в зоне ответственности ВО;  $K_{\text{Д}}$  – количество датчиков МСС;  $\gamma = (\Delta t_i - \Delta t_k) \Delta t_k^{-1}$ ;  $\mu = \Delta t_i \Delta t_k^{-1}$ .

На рис. 9 а, б представлены зависимости  $N_{\text{ФК}} = f(L_{\text{ВО}}, \Delta t_k)$  и  $N_{\alpha-\beta} = f(L_{\text{ВО}}, \Delta t_k)$  соответственно.

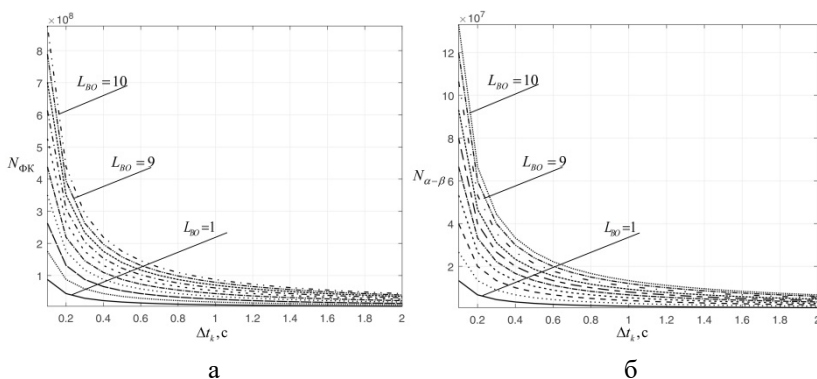


Рис. 9. Зависимости  $N_{\text{ФК}} = f(L_{\text{ВО}}, \Delta t_k)$  и  $N_{\alpha-\beta} = f(L_{\text{ВО}}, \Delta t_k)$

Результаты, приведенные на рис. 9, свидетельствуют о том, что параллельная обработка информации в МСС с применением ФК и  $\alpha - \beta$  - фильтра с экстраполяцией, исходя из мощностей современных вычислительных средств [8], вполне возможна в реальном масштабе времени. Кроме того, наблюдается значительное уменьшение количества вычислительных операций при применении  $\alpha - \beta$  - фильтра.

### Заключение

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о том, что параллельный метод обработки информации в МСС вполне может быть реализован в реальном масштабе времени. При этом возможно использование известных фильтров, таких как ФК и  $\alpha - \beta$  – фильтр. Применение этих двух фильтров при экстраполяции координат ВО дает близкие по качеству оценки результаты, но последний более привлекателен тем, что требует меньших вычислительных затрат.

### Список литературы

1. Зайцев, Д.В. Многопозиционные радиолокационные системы. Методы и алгоритмы обработки информации в условиях помех / Д.В. Зайцев. – М.: Радиотехника, 2007. – 96 с.
2. Фарина, А., Цифровая обработка радиолокационной информации. Сопровождение целей / А. Фарина, Ф. Студер. – М.: Радио и связь, 1993. – 320 с.
3. Черняк, В.С. Многопозиционная радиолокация / В.С. Черняк. – М.: Радио и связь, 1993. – 416 с.
4. Bar-Shalom, Y. Multitarget-Multisensor Tracking: Principles and Techniques / Y. Bar-Shalom, X.R. Li. – Storrs, CT, YBS Publishing, 1995. – 620 p.
5. Гришин, Ю.П. Динамические системы устойчивые к отказам / Ю.П. Гришин, Ю.М Казаринов. – М.: Радио и связь, 1985. – 176 с.
6. Ben, H.C. Description of an Alpha-Beta filter in cartesian coordinates / H.C. Ben, – NAVAL RESEARCH LAB WASHINGTON DC, Naval Research Laboratory (U.S.), Defense Technical Information Center, 1973. – 52 p.
7. Информационные технологии в радиотехнических системах : учебное пособие /В.А. Васин [и др.]. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – 243 с.
8. Андреев, Н.А. Анализ эффективности программной реализации типовых операций обработки радиолокационных сигналов на цифровых сигнальных процессорах / Н.А. Андреев, С.В. Витязев, Д.В. Воронков // сб. тр. участников Международной научно-технической конф. "Радиолокация, навигация, связь (RLNC-2005)" (Воронеж, 12-14 апреля 2005 г.). – Воронеж, 2005.

## Анализ применения архитектуры Transformer сегодня

Е. А. Артемьев, email: artemev.15.01.1998@list.ru

Казанский национальный исследовательский технический университет

**Аннотация.** *Сегодня трудно представить жизнь без компьютерного зрения. Оно встречается повсюду: начиная с распознавания вывесок на улице и заканчивая внедрением в беспилотные автомобили и постановкой диагноза в больнице. Что раньше было описано в книгах и что называли фантастикой, теперь осязаемо. Каждый человек использует FaceId, проезжает под камерами дорожного движения, не задумываясь над тем, что встроенные алгоритмы в реальном времени могут определить сотни объектов, предсказать события. Это обширная область исследования, в которой каждый день ведутся работы над созданием более точных алгоритмов решения задач. Одним из таких алгоритмов является «Transformer», возникший относительно недавно и о котором пойдёт речь в статье.*

**Ключевые слова:** *распознавание и детектирование изображений; архитектура “Transformers”, обнаружение, объект.*

### Введение

Компьютерное зрение предстаёт перед нами такими разделами как детектирование, распознавание, сегментация, классификация и исследование аномальных зон. Всё это находит применение в реальной жизни, что является стимулом для дальнейших разработок.

Данный раздел машинного обучения прошёл долгий путь, на котором появлялись перцептрон, RNN, CNN, R-CNN, Fast-CNN и Faster-CNN и другие архитектуры. Всё перечисленное довольно глубоко изучено, но вращается вокруг прироста скорости в обучении, точности, размера выборки на давно известных алгоритмах. Поэтому революционные решения появляются довольно редко.

И всё же стоит обратить внимание на такую архитектуру как “Transformer”, которая смогла оживить застой в компьютерном зрении.

“Transformers” не один год применялись в интеллектуальных системах, но в детектировании их использовать начали относительно недавно. За счёт своего понятного устройства, поддержки параллельных вычислений и алгоритма «самовнимания» архитектура стала мощным инструментом в работе с текстом и изображениями.



Степень изученности исследуемой проблемы: теоретическим и методологическим проблемам повышения эффективности работы с текстом и с изображениями посвящены труды зарубежных учёных и специалистов, среди которых В.Wu, С. Xu, X. Dai, А.Wan, P.Zhang, Z.Yan, М.Tomizuka, J.Gonzalez, K.Keutzer, P.Vajda.

Большой вклад в разработку алгоритмов с использованием “Transformers” внесли N.Carion, F.Massa, G.Synnaeve, N.Usunier, A.Kirillov, S.Zagoruyko, H.Chen, Y.Wang, T.Guo, Y.Deng, Z.Liu, S.Ma, W.Gao и другие.

## 1. Литературный обзор

В статье “End-to-End Object Detection with Transformers” [1] описана архитектура на базе “Transformers”, которая эффективно позволяет детектировать объекты. Они утверждают, что “внимание”, описанное в статье «Attention Is All You Need» и применяемое в анализе текста, подходит и для анализа изображения. Авторы добавили ResNet50 для получения характеристик со следующим переходом в трансформер и вычислением потерь при помощи венгерского алгоритма.

В статье «Attention Is All You Need» [2] представлена архитектура, применяемая в анализе текста. Она отличалась от своих предшественников хорошим распараллеливанием, разработкой “Multi-head attention”. «Мультиголовое внимание» позволило входному вектору взаимодействовать с другими словами через attention mechanism.

В статье «Rethinking Transformer-based Set Prediction for Object Detection» [3] описано, почему архитектура “DETR” от специалистов Facebook AI медленно обучается и как можно исправить данный момент. В статье приводятся результаты исследования и предложены методы на замену венгерскому алгоритму.

В статье «Attention is not all you need: pure attention loses rank doubly exponentially with depth» [4] описано, как работает “внимание” изнутри и описываются минусы его использования.

В статье “Visual Transformers: Token-based Image Representation and Processing for Computer Vision” [5] описано, как при помощи архитектуры “Transformer” классифицируются изображения. Авторы делят изображение на несколько токенов и с помощью внимания определяют, как связаны пиксели токенов между собой

Работы, приведённые выше рассматривают архитектуру «Transformer» с разных сторон относительно недавно, что свидетельствует о её актуальности и разноплановом применении. Но данная модель не является идеальной, о чём пишут в статьях выше. У неё есть ряд задач, с которыми она справляется и ряд условий, при которых результаты будут впечатляющими.

## 2. Задачи с использованием “Transformer” сегодня

Архитектура применяется в такой задаче как понимание трёхмерных сцен для различных приложений. Суть в том, что модель способна определить границы комнат и объектов внутри них. В статье “PQ-Transformer: Jointly parsing 3d Objects and Layouts From Point Clouds” авторы применяют декодер разбираемой архитектуры [6].

Также применяется для оценки эмоционального состояния спикеров. Резкие переходы из одного состояния в другое как описано в статье “Discovering emotion and reasoning its flip in multi-party conversations using masked memory network and transformer” [7]. Прогресс в оценке настроения собеседника поможет умным ассистентам, чат-ботам понимать тон отвечающего, его интонацию и отвечать более гибко уже исходя не только из контекста предложения, но и из эмоционального контекста.

В работе “Graph transformer network with temporal kernel attention for skeleton-based action recognition” описывается распознавание действий человека на основе скелета при помощи графового трансформера для предотвращения игнорирования сложных зависимостей между действиями [8].

Распознавание жестов рук является сложной задачей. Авторы “Content-Adaptive and Attention-Based Network for Hand Gesture Recognition, 3D interacting hand pose and shape estimation from a single RGB image” использовали “Transformer”, чтобы решить данную проблему и получить внушительные результаты, не используя свёртки и повторяющиеся слои. [9].

Диагностика лёгких (“Hybridizing Convolutional Neural Network for Classification of Lung Diseases”), эпилепсии (“Epileptic Seizure Prediction Using Deep Transformer Model”), лапароскопическая сакроколпопексия (“Large-scale surgical workflow segmentation for laparoscopic sacrocolporexy”) это задачи, решение которых поможет врачам ставить более точные диагнозы и проводить точные операции [10].

По мнению авторов “UTRAD: Anomaly detection and localization with U-Transformer” обнаружение аномалий в промышленности или медицине является активной областью исследования. Они предложили “U-Transformer” для более точного результата [11].

Идею трансформеров используют для анализа трафика на дорогах в “Spatial-Temporal Convolutional Transformer Network for Multivariate Time Series Forecasting”, чтобы предотвращать пробки и рационально использовать всю площадь дорог [12].

В “Cross-Modal Object Detection Based on a Knowledge Update” используют 3 кодировщика, чтобы донести до машины способность

узнавать объекты по описанию и рассуждать [13]. Это приближает способ мышления машины к тому, как мыслит человек, который описывает то, что видит или по описанию объекта может сделать выводы о его принадлежности к определённом классу.

По перечисленным статьям заметна главная черта, по которой выбирают “Transformer” в том или ином виде – это способность анализировать сложные меняющиеся ситуации и сложные связи внутри объекта.

### 3. Метрики

Для оценки точности алгоритма используют такие метрики как MAE, GIOU, MSE, RMSE. MAE – в статистике, средняя абсолютная ошибка, является мерой ошибок между парными наблюдениями, выражающими то же явление. Вычисляется по формуле:

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |y_i - x_i|}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n |e_i|}{n}$$

- $n$  – число прогнозов;
- $y$  – спрогнозированное значение;
- $x$  – изначальные значения.

GIOU известна как generalized intersection over union – метрика и потеря для регрессии ограничивающей рамки:

$$GIOU = \frac{|A \cap B|}{|A \cup B|} - \frac{|C \setminus (A \cup B)|}{|C|} = IOU - \frac{|C \setminus (A \cup B)|}{|C|}$$

- $A, B$  – ограничивающие рамки предсказанные и данные изначально соответственно;
  - $C$  – наименьшая выпуклая оболочка, которая охватывает  $A$  и  $B$ ;
- cross\_entropy (перекрёстная энтропия) – этот критерий вычисляет потерю перекрёстной энтропии между входом и целью.

Средняя абсолютная ошибка известна как мера точности, зависящая от масштаба и имеет вид:

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n}$$

- $n$  – число прогнозов;
- $y$  – изначальные данные;
- $\hat{y}$  – предсказанное значение.

RMSE (Root Mean Square Error) - это квадратный корень из значения, полученного с помощью функции среднеквадратической ошибки.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^n (\text{Predicted}_i - \text{Actual}_i)^2}$$

- *Predicted* – число прогнозов;
- *Actual* – изначальные данные;
- *N* – предсказанное значение.

### Заключение

Из статей, приведённых в работе видно, что для “Transformer” существует множество областей применения. От исследования аномалий производственных и в медицине до анализа помещений и эмоций. Спектр применения будет расширяться, и архитектура поможет решить новые задачи и улучшить результаты уже решённых.

Сама идея “Transformer” интересна и несложна для понимания и интеграции в готовые алгоритмы. У неё низкий порог вхождения для новичков, а открывающиеся возможности удивляют. Несомненно, алгоритм применим не везде и даёт неплохие результаты при определённых условиях и в определённых задачах, но он живёт относительно недолго и не исчерпал сферы применения.

### Литература

1. End-to-End Object Detection with Transformers / J Nicolas Carion [и др.] // Lecture Notes in Computer Science. – 2020. – С. 213-239.
2. Attention Is All You Need / Ashish Vaswani [и др.] // Advances in Neural Information Processing Systems. – 2017. – С. 5998-6008.
3. Rethinking Transformer-based Set Prediction for Object Detection / Sun Zhiqing [и др.] // IEEE/CVF International Conference on Computer Vision (ICCV). – 2021.
4. Attention is not all you need pure attention loses rank doubly exponentially with depth [Электронный ресурс] : arXiv / Yihe Dong – Режим доступа: <https://arxiv.org/abs/2103.03404>
5. Visual Transformers: Token-based Image Representation and Processing for Computer Vision [Электронный ресурс] : arXiv / Bichen Wu – Режим доступа: <https://arxiv.org/abs/2006.03677>
6. PQ-Transformer: Jointly parsing 3d Objects and Layouts From Point Clouds / Xiaoxue Chen [и др.] // IEEE Robotics and Automation Letters. – 2022. – С. 2519-2545.

7. Discovering emotion and reasoning its flip in multi-party conversations using masked memory network and transformer / Shivani Kumar [и др.] // Knowledge-Based Systems. – 2022. – № 240. – С. 108112-108136.
8. Graph transformer network with temporal kernel attention for skeleton-based action recognition / Yanan Liu [и др.] // Knowledge-Based Systems. – 2022. – № 240. – С. 108146-108157.
9. Cao, Z. Content-Adaptive and Attention-Based Network for Hand Gesture Recognition, 3D interacting hand pose and shape estimation from a single RGB image / Zongjing Cao, Yan Li, Byeong-Seok Shin // Applied Sciences. – 2022. – Т. 12. – № 4. – С. 2041-2056.
10. Hybridizing Convolutional Neural Network for Classification of Lung Diseases/ Mukesh Soni [и др.] // International Journal of Swarm Intelligence Research (IJSIR). – 2022. – Т. 13. – № 2. – С. 1-15.
11. UTRAD: Anomaly detection and localization with U-Transformer / Liang Chen [и др.] // Neural Networks. – 2022. – Т. 147. – С. 53-62.
12. Spatial-Temporal Convolutional Transformer Network for Multivariate Time Series Forecasting/ Lei Huang [и др.] // Sensors. – 2022. – Т. 22. – № 3. – С. 841-859.
13. Cross-Modal Object Detection Based on a Knowledge Update / Yueqing Gao Huang [и др.] // Sensors. – 2022. – Т. 22. – № 3. – С. 1338-1353.

# Исследование обобщающей способности методов глубокого обучения для улучшения качества изображений

Н. И. Бережнов, email: beregnovnikita@yandex.ru

А. А. Сирота, email: sir@cs.vsu.ru

Воронежский государственный университет

**Аннотация.** В работе исследуются методы глубокого обучения в области улучшения качества изображения. Под улучшением качества изображений здесь понимается: восстановление изображений при наличии дефектов различной природы, увеличение резкости изображений, устранение эффектов съемки в условиях плохих погодных условий. В работе описываются современные архитектуры глубоких нейронных сетей, такие как сверточные нейронные сети, модели-трансформеры, архитектуры с механизмом внимания. Используется три датасета. Датасет ImageNet (50000 изображений), с наложенными на него разными искажениями в виде аппликативных и аддитивных помех и размытия. SIDD – датасет уже зашумлённых изображений с имеющимися эталонами. Погодный датасет с изображениями снега, дождя, тумана, где также имеются эталонные изображения. Для сравнения качества восстановления изображений используются следующие метрики: PSNR, SSIM, FID. Показано, что обобщающая способность нейронных сетей сильно зависит от исходного датасета, использованного при обучении. Обученные модели показывают существенно худшие результаты на незнакомых им типах изображений. Эти результаты можно улучшить путем дообучения нейронной сети конкретно под определённую задачу. Проблема создания универсального алгоритма для повышения качества изображений остаётся открытой.

**Ключевые слова:** Повышение качества изображений, нейронные сети, глубокое обучение, модели-трансформеры, восстановление изображений.

## Введение

На сегодняшний день существует много работ в области улучшения качества изображений. В последнее время становится популярным использование архитектур с модулями внимания, генеративно-состязательных сетей (GAN), а также моделей-трансформеров и диффузных моделей. Последние набирают всё больше популярность. В

частности, они даже смогли обойти GAN в задаче построения сверхразрешения. В большинстве случаев исследователи сосредотачиваются на конкретной практической задаче, оптимизируя параметры нейронной сети под неё. Однако после этого нейронная сеть теряет свою обобщающую способность. В тоже время встречаются работы [1, 2], где авторы проводят исследование архитектуры нейронной сети на многозадачность. В работе [1] авторы используют диффузную модель, которая через итеративный процесс обучается восстанавливать и экстраполировать до панорамного вида изображения различного типа. При этом используются мощные GPU для обучения модели, а также большие батчи данных.

Как известно, глубокое обучение требует больших наборов данных. К сожалению, сложно собрать большой датасет испорченных данных вместе с истинными чистыми изображениями. Исследователи [2] предлагают напрямую использовать зашумлённые изображения в качестве входа и выхода нейронной сети. Утверждается, что статистически они будут стремиться к истинным изображениям. Однако данный подход проигрывает в точности нейронным сетям с большим числом параметров. В том числе и новому тренду в компьютерном зрении – vision transformer (ViT). В виду ограниченности данных в работе применялась генерация дефектов на изображениях, а также использовались готовые датасеты с уже имеющимися зашумлёнными изображениями и эталонами [3][4]. В данной работе предлагается рассмотреть следующие искажения: размытие изображения, искажение импульсными, аппликативными и аддитивными помехами, влияние погодных осадков. Последние были выбраны из-за того, что данный вид искажений имеет сложную природу и является реальным применением задачи восстановления изображений на практике.

В связи с этим в данной работе решено было выбрать несколько архитектур глубоких нейронных сетей и обучить их на датасетах различной природы. Целью данной работы явилось – проверить данные архитектуры глубоких нейронных сетей на предмет их универсальности и обобщающей способности.

## **1. Сверточные нейронные сети**

С увеличением мощностей графических процессоров стало возможно обучать глубокие нейронные сети с большим количеством слоёв. Сверточные сети в начале 2010-х годов совершили революцию в компьютерном зрении. Во-первых, с помощью свёрток удалось значительно уменьшить количество параметров, нежели чем использовать MLP. Во-вторых, они обладают свойством пространственной инвариантности – независимо от того, где

расположен объект на изображении, свертка сможет его найти. Также исследователям удалось решить проблему затухающего градиента путём добавления остаточных связей или так называемых skip-connections.

В связи с этим появилось множество архитектур, содержащих до нескольких сотен сверточных слоёв. Эти же изменения пришли и в область восстановления изображений. Исследователи [5] используют глубокую нейронную сеть REDNet с остаточными связями. Данная архитектура обладает простотой настройки и показывает неплохие результаты в области улучшения качества изображений. В работе решено было использовать именно её с 15 сверточными слоями.

## 2. Модели-трансформеры

Модели-трансформеры впервые появились в задачах, связанных с обработкой естественного языка. Однако в связи с успехом языковых моделей Bert и GPT-3 исследователи задумались над использованием их в компьютерном зрении. Первым шагом в эту сторону стала модель vision transformer (ViT). Она состоит из трёх частей: линейных проекционных уровней, кодировщика и головы. Изображение разбивается на  $n$  одинаковых частей, затем каждая из них проходит через линейные проекционные уровни. Далее выполняется позиционное кодирование для того, чтобы понимать взаимное расположение частей изображения. После этого добавляется дополнительный обучаемый патч, необходимый для извлечения признаков из изображения. Все патчи проходят через кодировщик, состоящий из полносвязных слоёв и механизма внимания. На выходе из которого будет  $n + 1$  частей, однако, самая важная из них будет первая, она называется головой. В дальнейшем её можно использовать для любых задач машинного обучения. На рис. 1 представлена архитектура ViT для задачи классификации изображений.

В работе будет использоваться архитектура SUNet [6], построенная на подобию и принципах архитектуры UNet. Авторы оставляют только сверточные слои на входе и на выходе, а также блоки повышения и понижения дискретизации, все остальные блоки – трансформеры.

## 3. Механизмы внимания

Рассмотрим подробнее существующие механизмы внимания. Основной принцип внимания таков: имеются ключи  $K$ , значения  $V$  и запросы  $Q$ . Задача сводится к тому, чтобы по запросам  $Q$  определить релевантные значения  $V$ . Мерой близости служит скалярное произведение между  $Q$  и  $K$ . Схема механизма внимания представлена на рис. 2.



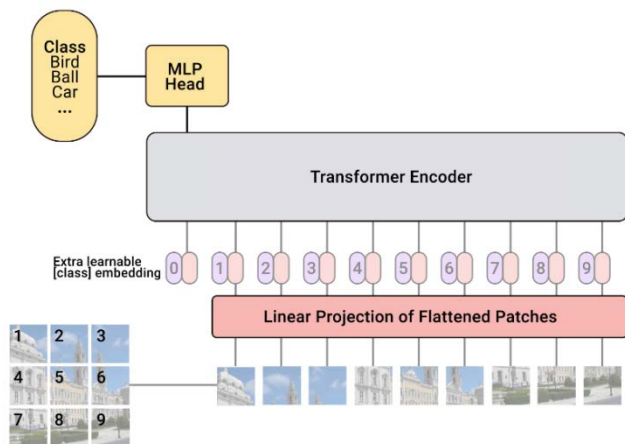


Рис. 1. Архитектура vision transformer

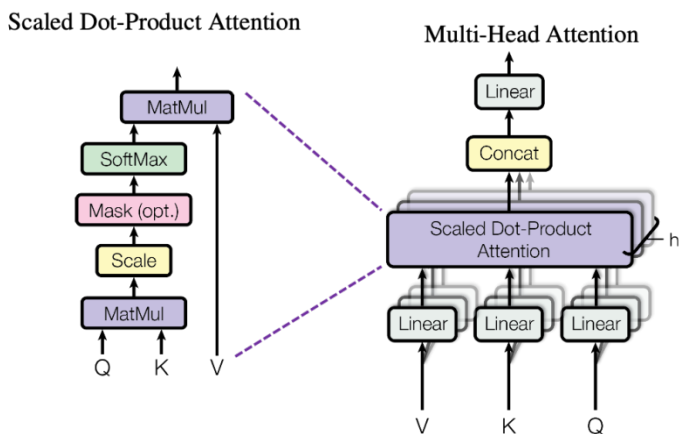


Рис. 2. Механизм внимания

Представленный выше механизм внимания обладает большой вычислительной сложностью, поэтому существует большое число его модификаций. Очень часто используется каналные, пространственные и локальные механизмы внимания.

Механизмы внимания оказались настолько эффективны в трансформерах, что стали активно использоваться в сверточных

нейронных сетях. Например, в архитектуре MIRNet [7] авторы используют каналное и пространственное внимание, исследуют принцип dual attention. В работе решено было выбрать данную нейронную сеть в реализации от keras.io [8].

#### 4. Метрики для сравнения качества изображений

Для сравнения качества двух изображений: эталона и улучшенного изображения использовались следующие метрики: SSIM (чем больше, тем лучше) PNSR (чем больше, тем лучше) и FID (чем меньше, тем лучше). SSIM (коэффициент структурного сходства изображений) и PNSR (пиковое отношение сигнал-шум) являются классическими метриками в области обработки изображений. Однако многими исследователями было показано, что они не всегда соответствуют человеческому восприятию изображения. Поэтому решено было использовать ещё метрику Fréchet Inception Distance (FID). Она основана на расстоянии Фреше между двумя распределениями признаков улучшенных и эталонных изображений. По сути, эта метрика показывает насколько одно многомерное распределение похоже на другое. Для выделения признаков из изображений используется нейронная сеть InceptionV3, обученная на датасете ImageNet. В явном виде формулу можно записать следующим образом:

$$FID = \sum (\mu_1 - \mu_2)^2 + Tr(C_1 + C_2 - 2 \cdot \sqrt{C_1 C_2}) \quad (1)$$

где  $\mu_1$ ,  $\mu_2$  - математические ожидания соответствующих распределений, сумма берётся по всем пикселям, а  $C_1$ ,  $C_2$  - матрицы ковариаций, составленные между всеми элементами данных распределений.

Из формулы (2) можно увидеть: чем меньше значение, тем ближе друг к другу распределения. Данная метрика уже зарекомендовала себя в различных задачах компьютерного зрения, поэтому будем оценивать её распределения, полученные из тестовой выборки, состоящей примерно из 500 изображений для каждого датасета.

#### 5. Обучение и результаты

В работе для исследования задачи улучшения изображений используются три датасета. Датасет ImageNet (50000 изображений), с наложенными на него различными видами искажений в виде аппликативных, аддитивных помех и размытия. Данные искажения подробно описаны в работе авторов [9]. Помимо этого, использовался SIDD датасет с уже зашумлёнными изображениями, снятыми на смартфон, и имеющимися эталонными изображениями, а также датасет

изображений, снятых в плохих погодных условиях (снег, дождь, туман), где также имеются эталонные изображения. Обучение происходило на видеокарте NVIDIA GeForce RTX 2070 с 8 гигабайтами видеопамати.

В работе решено было использовать описанные выше архитектуры REDNet, MIRNet и SUNet следующим образом:

- обучение и тестирование на одном датасете;
- обучение на одном датасете и тестирование на другом;
- обучение на одном датасете, затем перенос обучения и тестирование на другом датасете.

Результаты оценки выбранных метрик на тестовой выборке приведены в таблицах ниже. Лучшие значения показателей выделены полужирным шрифтом.

Таблица 1

*Обучение и тестирование на одном датасете*

Нейронная сеть	ImageNet			SIDD			Weather dataset		
	PSNR	SSIM	FID	PSNR	SSIM	FID	PSNR	SSIM	FID
REDNet	18.91	0.69	104.0	32.02	0.84	81.10	20.70	0.80	134.1
MIRNet	22.92	0.71	106.0	32.06	0.84	78.29	<b>20.98</b>	<b>0.81</b>	142.8
SUNet	<b>25.98</b>	<b>0.79</b>	<b>55.60</b>	<b>39.79</b>	<b>0.96</b>	<b>61.32</b>	20.21	0.69	<b>92.42</b>

Таблица 2

*Обучение на ImageNet и тестирование на остальных*

Нейронная сеть	SIDD			Weather dataset		
	PSNR	SSIM	FID	PSNR	SSIM	FID
REDNet	22.67	0.79	90.65	18.91	0.76	158.8
MIRNet	31.94	<b>0.84</b>	82.46	18.00	0.72	166.0
SUNet	<b>32.99</b>	0.80	<b>70.48</b>	<b>21.16</b>	<b>0.76</b>	<b>85.05</b>

Таблица 3

*Обучение на SIDD и тестирование на остальных*

Нейронная сеть	ImageNet			Weather dataset		
	PSNR	SSIM	FID	PSNR	SSIM	FID
REDNet	<b>20.88</b>	<b>0.70</b>	<b>106.8</b>	17.60	<b>0.70</b>	165.2
MIRNet	20.12	0.68	108.3	17.27	0.68	169.2
SUNet	20.38	0.58	118.3	<b>19.96</b>	0.61	<b>124.8</b>

Таблица 4

*Обучение на датасете плохих погодных условий и тестирование на остальных*

Нейронная сеть	ImageNet			SIDD		
	PSNR	SSIM	FID	PSNR	SSIM	FID
REDNet	16.76	<b>0.65</b>	115	22.14	0.77	93.87
MIRNet	16.40	0.63	109	<b>26.38</b>	<b>0.80</b>	<b>83.71</b>
SUNet	<b>18.60</b>	0.60	<b>85.87</b>	23.30	0.66	112.9

Результаты, представленные в табл. 4 показали, что качество изображений сильно падает при тестировании на датасете изображений, снятых в плохих погодных условиях. Это можно объяснить тем, что помехи в нём обладают более сложной природой и необходимо дополнительное обучение нейронной сети. В тоже время, можно отметить, что на датасете SIDD неплохо справляются модели, обученные на ImageNet. Это связано с тем, что одним из видов искажений на ImageNet был аддитивный гауссовский шум, который похож на искажения датасета SIDD.

Перенос обучения решено было делать только с предобученной сетью на датасете ImageNet, так как он обладает наибольшей степенью общности и сложности применяемых к нему искажений.

Таблица 5

*Обучение на ImageNet и затем перенос обучения и тестирование на остальных*

Нейронная сеть	SIDD			Weather dataset		
	PSNR	SSIM	FID	PSNR	SSIM	FID
REDNet	32.07	0.84	84.84	18.87	<b>0.77</b>	149.5
MIRNet	32.09	0.84	82.88	19.49	0.76	156.7
SUNet	<b>38.72</b>	<b>0.95</b>	<b>45.70</b>	<b>21.79</b>	0.76	<b>85.86</b>

Визуальные примеры результатов улучшения качества изображений представлены на рис. 3.



*Рис. 3.* Результаты улучшения качества изображений. Слева – истинное изображение, по центру – зашумлённое и справа – улучшенное

### **Заключение**

Проведено сравнение архитектур нейронных сетей. Исследованы возможности их обобщающей способности и универсальности применения на различных датасетах. Показано, что качество нейронных сетей сильно падает при тестировании на незнакомом датасете. Лучшее качество было получено, когда нейронная сеть обучалась и тестировалась на одном и том же датасете. Стоит отметить, что в некоторых случаях качество восстановления изображений на других датасетах падало не очень сильно, если использовался перенос обучения. Однако вопрос об универсальности нейросетевого алгоритма остаётся открытым и послужит темой дальнейших исследований авторов.

### **Список литературы**

1. Saharia, C. Palette: Image-to-Image Diffusion Models / C. Saharia, W. Chan, H. Chang // ACM SIGGRAPH 2022 Conference Proceedings. – 2022. – DOI: 10.1145/3528233.3530757.

2. Lehtinen, J. Noise2Noise: Learning Image Restoration without Clean Data/ J. Lehtinen, J. Munkberg, J. Hasselgren // arXiv: 1803.04189. – 2018.
3. SIDD (Smartphone Image Denoising Dataset) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://paperswithcode.com/dataset/sidd>
4. TransWeather [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://github.com/jeaya-maria-jose/TransWeather>
5. Xiao-Jiao, M. Image Restoration Using Very Deep Convolutional Encoder-Decoder Networks with Symmetric Skip Connections / M. Xiao-Jiao, S. Chunhua, Y. Yubin // NIPS. – 2016.
6. Chi-Mao, F. SUNet: Swin Transformer UNet for Image Denoising / F. Chi-Mao, L. Tsung-Jung, L. Kuan-Hsien // ISCAS. – 2022. – DOI: 10.1109/ISCAS48785.2022.9937486.
7. Zamir, S. Learning Enriched Features for Fast Image Restoration and Enhancement / S. Zamir, A. Arora, S. Khan // TPAMI. – 2020. – DOI: 10.1109/TPAMI.2022.3167175.
8. Low-light image enhancement using MIRNet [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://keras.io/examples/vision/mirnet/>
9. Бережнов, Н.И. Универсальный алгоритм улучшения изображений с использованием глубоких нейронных сетей / Н.И. Бережнов, А.А. Сирота // Вестник ВГУ. Серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2022. – №2 – С. 81-92.

# Научно-технические предложения по конфигурированию параметров службы доменных имен информационных систем в условиях сетевой разведки

М. С. Бодякин, e-mail: maksbody@mail.ru

Краснодарское высшее военное училище  
имени генерала армии С. М. Штеменко

**Аннотация.** *В настоящее время в области компьютерной безопасности особую актуальность набирают способы защиты информационных систем с использованием движущихся целей, основанные на конфигурировании (рандомизации, мутации) сетевых параметров, позволяющие предотвращать компьютерные атаки еще на их начальном этапе - этапе разведки. Использование этих способов дает возможность навязать противнику ложные сведения о реальной структуре и типологии информационной системы, предотвратив тем самым самую возможность осуществления компьютерной атаки.*

**Ключевые слова:** *информационная система, защита с использованием движущейся цели, сетевая разведка, система доменных имен.*

## Введение

Большое количество компьютерных атак (КА) носит разведывательный характер с целью получения злоумышленником с помощью средств сетевой разведки (СР) информации о составе, структуре и алгоритмах функционирования информационных систем (ИС), являющейся объектом КА, а также об используемых средствах защиты ИС, что обусловлено статичностью их параметров.

В статически настроенной ИС узлы взаимодействуют через статические IP-адреса [1,2], поэтому противник посредством сетевой разведки (СР) может сканировать пространство IP-адресов, идентифицировать целевой список доменных имен или адресов после получения ответов и осуществлять КА с использованием целевого списка доменных имен или адресов. В сегментах ИС с применением средств защиты на основе конфигурирования IP-адресов, основанной на сопоставлении доменных имен, IP-адрес хоста постоянно меняется, и поэтому противник не может поддерживать целевой список IP-адресов. Однако, доменное имя хоста остается статичным, и поэтому злоумышленник может поддерживать доменную базу списка для

атаки [2]. Кроме того, ограниченная пространством IP-адресов перестановка сетевых адресов не может эффективно защитить от случайных сканирующих атак [3,4].

### 1. Материалы и результаты исследования

Разработан ряд научно-технических предложений по динамическому конфигурированию параметров ИС [5,6]. Однако, большинство из предложений, основанных на изменении сетевых адресов хостов, ограничены в возможностях в связи с конечным размером сетевого адресного пространства и полагаются на статическое доменное имя хоста для сопоставления с его динамическим адресом.

Таким образом, эти методы не обеспечивают в полной мере требуемый уровень защиты от злоумышленника, знающего доменное имя цели [7].

Разработанное научно-техническое предложение конфигурирования параметров службы доменных имен позволяет повысить результативность защиты за счет использования пространства доменных имен, емкость которого намного больше емкости адресного пространства IP-адресов, что значительно увеличивает сложность идентификации параметров ИС для злоумышленника.

На рис. 1 показана схема защищаемой с использованием конфигурирования параметров службы доменных имен ИС от СР, где все узлы соединены друг с другом посредством коммутатора.

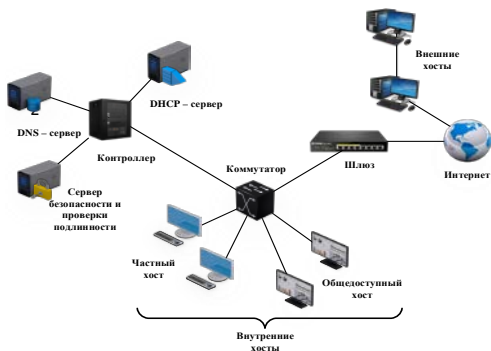


Рис. 1. Схема защищаемой ИС от СР с использованием конфигурирования параметров службы доменных имен

На представленной схеме коммутатор предназначен для изменения маршрутов следования и переправления пакетов, контроллер выступает центральным управляющим звеном над всеми коммутаторами сети,



управляя их таблицами потоков и взаимодействуя с доверенным DNS-сервером, DHCP-сервером и сервером безопасности и проверки подлинности.

На рис. 2 представлена блок-схема алгоритма, реализующая разработанное научно-техническое предложение, где приняты следующие обозначения:

$n$  – максимальное допустимое значение количества IP-адресов узлов ИС;

$\{IP^d\}$  – множество всех IP-адресов узлов ИС, являющихся клиентами DHCP-сервера с IP-адресом  $IP^d_{dhcp}$ , где  $d$  – номер подсети DHCP-сервера  $d = 1, 2 \dots z$ , а  $z$  – максимальное количество подсетей;

$[D]$  – массив памяти для хранения номера подсети DHCP-сервера;

$t^d_{max}$  – максимальное значение времени аренды всех IP-адресов узлов подсети с номером  $d$  ИС;

$CIP_m$  – идентификатор соединения между узлами ИС;

$[C_i]$  – массив памяти для хранения идентификаторов  $CIP_m$ ;

$\{TS\}$  – множество идентификаторов санкционированных информационных потоков;

$\{MAC\}$  – множество MAC-адресов сетевых устройств узлов ИС;

$[N_A]$  – массив памяти для хранения матрицы соответствия  $n$ -му IP-адресу узла ИС из множества IP-адресов  $l$ -го MAC-адреса из массива памяти MAC;

$\{DNS\}$  – множество доменных имен узлов поддомена ИС, где  $k$  – максимальное допустимое значение количества доменных имен сетевых устройств поддомена  $k \gg n$ ;

$u$  – номер поддомена,  $u=1, 2, \dots, U$ , где  $U$  – максимальное количество поддоменов;

$IP^u_{DNS}$  – IP-адреса DNS-сервера поддомена  $u$ ;

$T^u_{max}$  – максимальное значение времени «жизни» всех доменных имен поддомена  $u$ ;

$[DP]$  – массив памяти для хранения номера поддомена;

$[N_p]$  – массив памяти для хранения матрицы соответствия  $n$ -му IP-адресу узла ИС из множества IP-адресов  $k$ -го доменного имени из множества  $\{DNS\}$ .

Задают исходные данные (см. блок 1 на рис. 2)  $IP = \{IP_1, IP_2 \dots IP_n\}$  множество IP-адресов узлов ИС, являющихся DHCP-клиентами DHCP-сервера, где  $n$  – максимальное допустимое значение количества IP-адресов узлов ИС. Далее задают  $C = \{CIP_1, CIP_2 \dots CIP_m\}$  множество соединений между узлами ИС, где  $CIP_m$  – идентификатор соединения между узлами ИС. После этого задают  $MAC = \{MAC_1, MAC_2 \dots MAC_l\}$  множество MAC-адресов сетевых устройств узлов ИС, где  $l$  –

максимальное количество сетевых устройств узлов ИС, массив памяти  $N_A$  для хранения матрицы соответствия  $n$ -му IP-адресу узла ИС из множества IP-адресов  $l$ -го MAC-адреса из массива памяти MAC, также задают подмножества  $d$  в множестве IP-адресов узлов ИС  $IP^d = \{IP^d_1, IP^d_2 \dots IP^d_n\}$ , где  $d$  – номер подсети DHCP-сервера,  $d = 1, 2 \dots z$ , где  $z$  – максимальное количество подсетей, для каждого подмножества  $d$  предварительно задают IP-адреса DHCP-серверов  $IP^d_{dhcp}$ , где  $IP^d_{dhcp}$  – IP-адрес DHCP-сервера для подмножества  $d$ ,  $IP^d_{dhcp} \in IP^d$ , массив памяти  $D = [1, 2, \dots, z]$  для хранения номера подсети DHCP-сервера.

Далее задают  $\{DNS\}$  – множество доменных имен узлов поддомена ИС, где  $k$  – максимальное допустимое значение количества доменных имен сетевых устройств поддомена  $k \gg n$ , а также задают  $u$  – номер поддомена,  $u=1, 2, \dots, U$ , где  $U$  – максимальное количество поддоменов. После этого задают  $T^u_{max}$  – максимальное значение времени «жизни» всех доменных имен поддомена  $u$ ,  $[DP]$  – массив памяти для хранения номера поддомена и  $[N_p]$  – массив памяти для хранения матрицы соответствия  $n$ -му IP-адресу узла ИС из множества IP-адресов  $k$ -го доменного имени из множества  $\{DNS\}$ .

Подключают (см. блок 2 на рис. 2) сетевые устройства в ИС. Далее, после направления с сетевых устройств ИС сообщений на DHCP-сервер для получения IP-адресов, времени их аренды, номера подсети и других сетевых параметров, приема DHCP-сервером с IP-адресом  $IP^d_{dhcp}$  сообщений от сетевых устройств ИС, формируют (см. блок 3 на рис. 2) DHCP-сервером параметры синхронизации установленного часового пояса и времени, назначенные IP-адреса и другие сетевые параметры для узлов ИС в подсети  $d$ .

Устанавливают (см. блок 4 на рис. 2) на DHCP-сервере соответствия MAC- и IP-адресов в подсети  $d$  и запоминают (см. блок 5 на рис. 2) его в массиве памяти  $N_A$ .

Далее направляют (см. блок 6 на рис. 2) значения параметров синхронизации установленного часового пояса и времени, назначенные IP-адреса и другие сетевые параметры для узлов ИС в подсети  $d$  на контроллер. В качестве контроллера выступает один из узлов ИС с предустановленным специальным программным обеспечением, содержащий массивы памяти для хранения таблиц соответствия значений IP-адресов узлов ИС и доменных имен в текущей и последующих конфигурациях. Контроллер взаимодействует с DHCP и DNS серверами, а также штатными средствами защиты ИС. Он осуществляет прием сообщений от средств защиты о факте воздействия средств CP, прием и хранение сетевых параметров узлов ИС, а также

выдачу команд на прекращение аренды текущих сетевых параметров узлов, формирование и назначение новых и выдачу более неактуальных средствам СР на их запросы после очередного цикла реконфигурации параметров ИС. Контроллер осуществляет взаимодействие с несколькими подсетями ИС и не принадлежит ни одной из них.

После этого направляют (см. блок 7 на рис. 2) значения параметров синхронизации установленного часового пояса и времени, назначенные IP-адреса и другие сетевые параметры для узлов ИС в подсети d на DNS сервер.

Затем формируют (см. блок 8 на рис. 2) DNS имена для узлов ИС для u-го поддомена ИС.

Устанавливают (см. блок 9 на рис. 2) соответствие IP-адресов и DNS имен узлов ИС и запоминают (см. блок 10 на рис. 2) данное соответствие в массиве памяти  $[N_p]$ .

Далее направляют (см. блок 11 на рис. 2) сформированные DNS имена и время их «жизни»  $T^u$  на контроллер, где его запоминают (см. блок 12 на рис. 2) и направляют (см. блок 13 на рис. 2) IP-адреса для подсети d, а DNS имена для поддомена u узлам ИС и задают (см. блок 14 на рис. 2) каждую соответствующую пару IP-адреса и DNS имени узлам ИС.

Устанавливают (см. блок 15 на рис. 2) сетевые соединения между узлами ИС. После чего назначают (см. блок 16 на рис. 2) установленным соединениям идентификаторы соединения между узлами ИС.

Далее принимают (см. блок 17 на рис. 2) из канала связи пакет сообщений и выделяют (см. блок 18 на рис. 2) из заголовка идентификатор информационного потока и сравнивают (см. блок 19 на рис. 2) его с предварительно заданными идентификаторами санкционированных информационных потоков.

В случае, если идентификатор информационного потока принадлежит (см. блок 19 на рис. 2) предварительно заданными идентификаторам санкционированных информационных потоков, то определяют (см. блок 20 на рис. 2) является ли сообщение запросом к DNS. Если данное сообщение является запросом к DNS, то направляют (см. блок 21 на рис. 2) в ответ DNS имя и IP-адрес, для чего производят поиск соответствия, запрашиваемого DNS имени рекурсивным либо итеративным методом, в зависимости от настроек DNS – сервера. Затем передают (см. блок 22 на рис. 2) пакет получателю и принимают из канала связи следующий пакет сообщения. Если данное сообщение не является запросом к DNS, то сразу передают пакет получателю.

В обратном случае, если идентификатор информационного потока не принадлежит предварительно заданными идентификаторам

санкционированных информационных потоков, то направляют (см. блок 23 на рис. 2) запрос на контроллер на конфигурирование IP-адресов и DNS имен узлов ИС.

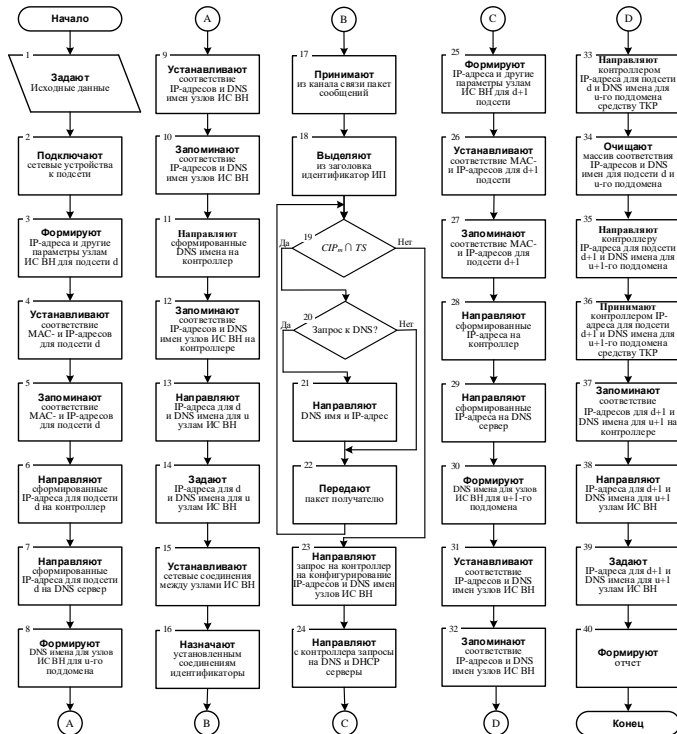


Рис. 2. Блок-схема последовательности действий, реализующая научно-техническое предложение по защите ИС от СР на основе конфигурирования доменных имен

После чего, контроллером направляют (см. блок 24 на рис. 2) запросы на DNS и DHCP серверы о прекращении  $T^u$  времени «жизни» всех доменных имен поддомена  $u$  и формировании параметров для поддомена  $u+1$  и  $t^d$  времени аренды всех IP-адресов узлов подсети с номером  $d$  ИС и формировании параметров для подсети  $d+1$ .

Далее, после направления с контроллера сообщений на DHCP-сервер для получения IP-адресов, времени их аренды, номера подсети и других сетевых параметров, приема DHCP-сервером с IP-адресом  $IP^{d+1}_{dhcp}$  сообщений от сетевых устройств ИС, формируют (см. блок 25

на рис. 2) DHCP-сервером параметры синхронизации установленного часового пояса и времени, назначенные IP-адреса и другие сетевые параметры для узлов ИС в подсети d+1.

Устанавливают (см. блок 26 на рис. 2) на DHCP-сервере соответствия MAC- и IP-адресов в подсети d+1 и запоминают (см. блок 27 на рис. 2) его в массиве памяти  $N_A$ .

Затем направляют (см. блок 28 на рис. 2) значения параметров синхронизации установленного часового пояса и времени, назначенные IP-адреса и другие сетевые параметры для узлов ИС в подсети d+1 на контроллер.

После этого направляют (см. блок 29 на рис. 2) значения параметров синхронизации установленного часового пояса и времени, назначенные IP-адреса и другие сетевые параметры для узлов ИС в подсети d+1 на DNS сервер.

На DNS сервере формируют (см. блок 30 на рис. 2) DNS имена для узлов ИС для u+1-го поддомена ИС.

Устанавливают (см. блок 31 на рис. 2) соответствие IP-адресов и DNS имен узлов ИС и запоминают (см. блок 32 на рис. 2) данное соответствие в массиве памяти [NP] для поддомена u+1.

Далее направляют (см. блок 33 на рис. 2) контроллером IP-адреса для подсети d и DNS имена для u-го поддомена средством CP, вводя его тем самым в заблуждение, и очищают (см. блок 34 на рис. 2) массив соответствия IP-адресов и DNS имен для подсети d и u-го поддомена

После этого направляют (см. блок 35 на рис. 2) сформированные DNS имена и время их «жизни»  $T^u$  на контроллер.

Принимают (см. блок 36 на рис. 2) контроллером IP-адреса для подсети d+1 и DNS имена для u+1-го поддомена, запоминают (см. блок 37 на рис. 2) их и направляют (см. блок 38 на рис. 2) IP-адреса для подсети d+1, а DNS имена для поддомена u+1 узлам ИС и задают (см. блок 39 на рис. 2) каждую соответствующую пару IP-адреса и DNS имени узлам ИС и формируется отчет.

Результативность полученного технического решения была проверена путем программной реализации предложения и проведения имитационного моделирования. Суть моделирования – оценка результативности конфигурирования параметров сегмента ИС в условиях идентификации противником IP-адресов узлов и DNS имен.

Моделирование исследуемого процесса осуществлялось в среде EVE-NG. Схема сегмента ИС для проведения моделирования приведена на рис. 3 и включает следующие элементы: 1 – сервер защиты с предустановленным СПО защиты; 2 – рабочие станции (ОС

Windows 10); 3 – средство СР (ОС Kali Linux 2020.2); 4 – FTP-сервер; 5 – коммутационное оборудование (коммутатор).

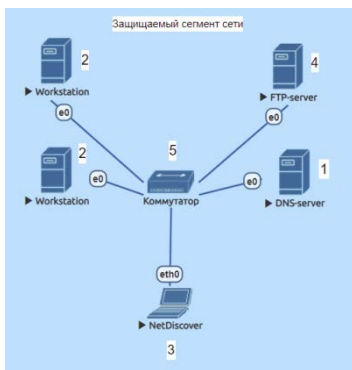


Рис. 3. Схема сегмента ИС для проведения моделирования процесса конфигурирования параметров в условиях СР

В качестве средства конфигурирования параметров ИС применен свободно распространяемый динамический DNS-сервер с открытым исходным кодом (в виде СПО), который позволяет конфигурировать параметры ИС [8, 9]. В качестве средства СР использовано автоматизированное рабочее место (АРМ) с предустановленной операционной системой Kali Linux. Для оценки возможности идентификации параметров ИС [10] смоделировано применение противником многофункционального сетевого сканера NetDiscover, экранная форма интерфейса которого приведена на рис. 3. Средство СР Netdiscover способно функционировать в 2-х режимах: активном и пассивном. В активном – средство направляет запросы в виде пакетов сообщений для идентификации DNS имен и IP-адресов, в пассивном – только анализирует транзитные пакеты сетевого трафика между абонентами и коммутационным оборудованием.

На рис. 4 приведены экранные формы, отображающие оценку результативности разработанного научно-технического предложения на различных этапах моделирования.

В ходе первого этапа моделирования параметры ИС были идентифицированы средством СР без противодействия со стороны средства защиты (динамического DNS-сервера), осуществлялась идентификация только IP-адресов ИС. Средство СР функционировало в активном режиме, направляя сканирующие запросы на узлы ИС. Из

рис. 4 видно, что противник идентифицировал всех абонентов защищаемой сети за 65 принятых пакетов.

IP	At MAC Address	Count	Len	MAC Vendor / Hostname
192.168.223.2	00:50:56:f9:1a:e1	58	3488	Amd, Inc.
192.168.223.1	00:50:56:c0:00:08	2	128	Amd, Inc.
192.168.223.254	00:50:56:ef:33:0a	5	300	Amd, Inc.

IP	At MAC Address	Count	Len	MAC Vendor / Hostname
100.168.200.25	00:50:56:f9:1a:e1	127	15160	Amd, Inc. server.net
100.168.200.10	00:50:56:c0:00:08	82	260	Amd, Inc. Host1.net
100.168.200.24	00:50:56:ef:33:0a	58	260	Amd, Inc. Host2.net

IP	At MAC Address	Count	Len	MAC Vendor / Hostname
----	----------------	-------	-----	-----------------------

*а – первый этап, б – второй этап, в – третий этап*

*Рис. 4.* Экранная форма, отображающая результаты идентификации параметров ИС средством NetDiscover в ходе моделирования

В ходе второго этапа моделирования осуществлялась идентификация средствами СР IP-адресов и DNS имен узлов ИС. Средство СР функционировало в пассивном режиме, только на прием пакетов от узлов ИС. Конфигурирование параметров ИС осуществлялось с применением средства защиты (динамического DNS-сервера), изменяющего IP-адреса и маску подсети узлов сегмента ИС с частотой, большей, чем цикл СР (сетового сканирования). Это увеличивало время идентификации параметров ИС, однако все IP-адреса и DNS имена узлов были вскрыты. Из рис. 4 видно, что средство СР идентифицировало все узлы ИС перехватив 1070 пакетов.

В ходе третьего этапа моделирования параметров ИС (IP-адреса и DNS имена) конфигурировались средством защиты после выявления активности средств СР. Средство СР функционировало как в активном, так и в пассивном режимах. Высокая интенсивность конфигурирования параметров ИС динамическим DNS-сервером с сохранением информационного обмена между узлами за счет использования DNS-имен, позволила обеспечить невозможность вскрытия параметров средством СР.

### **Заключение**

Таким образом, результаты проведенного моделирования показали, что в разработанном способе, в отличие от известных, обеспечивается

расширение области применения, повышение результативности и снижение ресурсоемкости защиты. Расширение области применения обеспечивается за счет того, что конфигурирование параметров ИС производят в рамках задаваемого диапазона подсетей без разрыва критически важных соединений за счет организации сетевого взаимодействия посредством DNS имен. Конфигурирование DNS имен узлов ИС производится в пределах нескольких поддоменов, что в совокупности с изменением IP-адресов значительно усложняет процедуру вычисления противником алгоритма функционирования средств защиты и затрудняет идентификацию параметров ИС.

### Литература

1. RFC 791. Internet protocol (IP). 1981. [Электронный ресурс]: база данных. – URL: <https://tools.ietf.org/html/rfc791> (дата обращения: 15.12.2022).
2. RFC 1035. Domain names implementation and specification (DNS). 1987. [Электронный ресурс]: база данных. – URL: <https://tools.ietf.org/html/rfc1035> (дата обращения: 15.12.2022).
3. Душкин, А. В. Способ повышения эффективности распознавания несанкционированных воздействий на ИТКС. / А. В. Душкин, В. Н. Похвашев, С. П. Соколовский // Информация и безопасность. – 2010. – Т. 13. – № 1. – С. 97-102.
4. Результаты анализа способов компрометации средств защиты информации / А. Л. Гаврилов [и др.] // Технические и технологические системы: Материалы девятой Международной научной конференции «ГТС-17», Краснодар, 22–24 ноября 2017 года / Кубанский государственный технологический университет, Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков имени А.К. Серова – 2017. – Т1 – С. 117-121.
5. Патент № 2696330 С1 Российская Федерация, МПК G06F 21/50, G06F 21/60, H04L 9/00. Способ защиты вычислительных сетей: № 2018128075 : заявл. 31.07.2018 : опубл. 01.08.2019 / В. В. Барабанов, А. А. Ефремов, Р. В. Максимов [и др.]; заявитель Краснодарское высшее военное училище имени генерала армии С.М. Штеменко Министерство обороны Российской Федерации.
6. Соколовский, С.П. Поиск новых технических решений по маскированию структуры вычислительных сетей на основе динамического конфигурирования их параметров / С. П. Соколовский, И. С. Ворончихин, А. Д. Гритчин // Решетневские чтения : Материалы XXIII Международной научно-практической конференции, посвященной памяти генерального конструктора ракетно-космических



систем академика М.Ф. Решетнева. В 2-х частях, Красноярск, 11–15 ноября 2019 года - 2019. – Т2 – С. 447-448.

7. Поддержка принятия управленческих решений в сфере информационной безопасности в терминах теории игр / С. П. Соколовский [и др.] // Вестник Воронежского института ФСИИ России. – 2018. – № 2. – С. 46-54.

8. Душкин, А. В. Способ распознавания вредоносных воздействий на информационную систему / А. В. Душкин, В. Н. Похвашев, С. П. Соколовский // Телекоммуникации. – 2011. – № 10. – С. 25-28.

9. Соколовский, С. П. Применение адаптивных нечетких систем в вопросах разработки средств выявления несанкционированных воздействий на информацию / С. П. Соколовский, Н. А. Усов // Информатика: проблемы, методология, технологии : материалы XVI Международной научно-методической конференции, Воронеж, 11–12 февраля 2016 года . - 2016. – С. 259-264.

10. Душкин, А. В. Нейросетевая реализация модуля выявления НСД на ИТКС специального назначения / А. В. Душкин, С. П. Соколовский // Информация и безопасность. – 2010. – Т. 13. – № 1. – С. 123-126.

## Выбор модели для решения задачи автоматической классификации речевой агрессии

И. Е. Воронина, e-mail: irina.voronina@gmail.com

М. К. Пастревич, e-mail: mirstat@mail.ru

Воронежский государственный университет

**Аннотация.** В данной работе сравниваются две модели *Cointegrated/rubert-tiny2* и *SkolkovoInstitute/russian\_toxicity\_classifier* для последующего решения задачи классификации вербальной агрессии.

**Ключевые слова:** классификация речевой агрессии, нейронная сеть, модели.

### Введение

В современном мире существуют различные способы коммуникации, одним из которых является виртуальное общение. С расширением сферы мультимедиа вопросы коммуникативного поведения являются актуальными.

В интернет-пространстве наиболее часто и ярко проявляется вербальная агрессия, преимущественно в комментариях под постами в социальных сетях (например, *ВКонтакте*, *Одноклассники*, *Пукабу*, а также в запрещенных на данный момент в РФ *Facebook*, *Instagram*), отправляемых сообщениях в мессенджерах (*Whatsapp*, *Telegram*, *Viber*). Это связано, в частности с тем, что социальные сети предоставляют пользователям практически полную свободу самовыражения.

Одним из подходов к решению задачи автоматической классификации может стать создание и обучение нейронной сети для автоматического поиска и классификации вербальной агрессии в интернет-пространстве.

Так как русский язык обладает огромным словообразовательным потенциалом и лексико-семантическим разнообразием, это существенно осложняет решение задачи автоматической классификации вербальной агрессии. Кроме того, при машинном обучении моделей можно столкнуться с проблемой нехватки вычислительных мощностей. Частично с этим справляется персональная версия GPU, а также сервисы, предоставляющие облачные вычисления. Кроме того, существует широкий выбор предобученных на русском языке моделей.

В современной лингвистике существует большое количество классификаций речевой агрессии. В представленном исследовании была взяты следующие виды классификаторов агрессии [1]:

– Эксплетивная. К ней относятся брань, призывы, речевые угрозы, например: «*Феерические идиоты*», «*Дэбилы рагулячие??*».

– Манипулятивная. К ней относят запрет на речь, например: «*закрой рот*».

– Имплицитная. Такой вид речевой агрессии характеризует, например, косвенные речевые акты, иронические инвективы, например: «*Ступай, уже, хватит блистать «интеллектом*».

Представляется целесообразным добавить нейтральную лексику с перспективой последующего расширения полей классификаторов.

Целью работы является у улучшения точности определения агрессии в текстах комментариев постов в социальных сетях и новостных сайтах.

### 1. Методы исследования

Для реализации классификации решено было использовать следующий вид корпуса данных:

$$(x_i, y_i)_i^L = 0 \quad (1)$$

где  $x_i \in \mathbb{R}^n$  –  $i$ -й комментарий пользователя, а  $y_i \in \{1, 2, 3, 4\}$  – метки классов. Будем использовать функцию  $F$ , которая для каждого комментария будет ставить соответствующую метку

$$F(x_i) = y_i \quad (2)$$

При подготовке корпуса данных был произведен ряд действий:

- обязательное удаление неинформативных символов с помощью стандартной библиотеки Python 3.8 “re”;
- токенизация, лемматизация и приведение к размеру 312 слов.

Архитектура модели состоит из трех основных слоев: BertModel, Dropout, Linear (рис 1).

На входе для создания векторных представлений используется слой BertEmbedding, содержащий следующие параметры: word\_embeddings = 83828 (размер словаря); output = 312 (размер embedding’a), длина входной последовательности = 312. Слой Dropout ( $p = 0.1$ ) предназначен для уменьшения вероятности переобучения сети. Слой Linear определяет, к какому классу относится комментарий.

В процессе работы был собран и вручную классифицирован набор данных на основе комментариев в социальных сетях *ВКонтакте*, *Одноклассники*, *Пикабу* и комментариев из открытых каналов в

*Telegram.* Распределение комментариев представлено на рис.2. Корпус состоит из 76767 комментариев, из которых 66486 нейтральных комментариев, 11 манипулятивных, 8018 эксплицитных, 2252 имплицитных.

Layer (type:depth-idx)	Output Shape	Param #
BertForSequenceClassification	[4, 4]	--
└BertModel: 1-1	[4, 312]	--
└BertEmbeddings: 2-1	[4, 312, 312]	--
└Embedding: 3-1	[4, 312, 312]	26,154,336
└Embedding: 3-2	[4, 312, 312]	624
└Embedding: 3-3	[1, 312, 312]	638,976
└LayerNorm: 3-4	[4, 312, 312]	624
└Dropout: 3-5	[4, 312, 312]	--
└BertEncoder: 2-2	[4, 312, 312]	--
└ModuleList: 3-6	--	2,301,552
└BertPooler: 2-3	[4, 312]	--
└Linear: 3-7	[4, 312]	97,656
└Tanh: 3-8	[4, 312]	--
└Dropout: 1-2	[4, 312]	--
└Linear: 1-3	[4, 4]	1,252

Total params: 29,195,020  
 Trainable params: 29,195,020  
 Non-trainable params: 0  
 Total mult-adds (M): 114.86

Рис. 1. Архитектура модели Cointegrated/rubert-tiny2

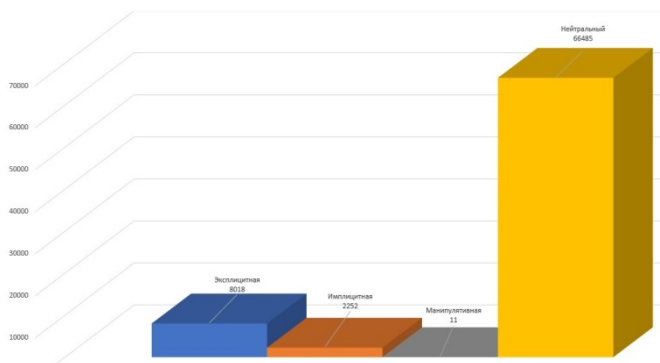


Рис. 2. Распределение комментариев

Были использованы стандартные метрики для оценки качества работы модели:

- Precision (точность).
- Recall (полнота).
- Accuracy (описание точности предсказания модели по всем классам).

Результаты обучения модели Cointegrated/rubert-tiny2 представлены в таблице.

Этапы обучения модели

Количество о комментариев	Recall	Precision	Accuracy
11150	0,2541	0,2541	0,7111
26840	0,5432	0,5432	0,7915
39350	0,7567	0,7567	0,8675
56779	0,8541	0,8541	0,9126
76767	0,8462	0,8462	0,911

На рис.3 представлен график потерь в различные моменты обучения модели Cointegrated/rubert-tiny2, иллюстрирующий общее уменьшение при переобучении.

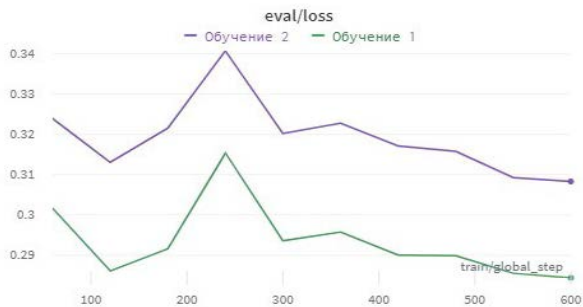


Рис. 3. График потерь при обучении Cointegrated/rubert-tiny2

К сожалению, при каждом новом этапе переобучения точность результата падает.



Рис. 4. Отношение точности при обучении Cointegrated/rubert-tiny2

Архитектура модели SkolkovoInstitute/russian\_toxicity\_classifier имеет также как и Cointegrated/rubert-tiny2 три слоя: BertModel, Dropout, Linear, но обладает иными параметрами (рис.5):

Layer (type:depth-idx)	Output Shape	Param #
BertForSequenceClassification	[4, 4]	--
└BertModel: 1-1	[4, 768]	--
└BertEmbeddings: 2-1	[4, 312, 768]	--
└Embedding: 3-1	[4, 312, 768]	91,812,006
└Embedding: 3-2	[4, 312, 768]	1,536
└Embedding: 3-3	[1, 312, 768]	393,216
└LayerNorm: 3-4	[4, 312, 768]	1,536
└Dropout: 3-5	[4, 312, 768]	--
└BertEncoder: 2-2	[4, 312, 768]	--
└ModuleList: 3-6	--	85,054,464
└BertPooler: 2-3	[4, 768]	--
└Linear: 3-7	[4, 768]	590,592
└Tanh: 3-8	[4, 768]	--
└Dropout: 1-2	[4, 768]	--
└Linear: 1-3	[4, 4]	3,076

Total params: 177,856,516  
 Trainable params: 177,856,516  
 Non-trainable params: 0  
 Total mult-adds (M): 710.25

Рис. 5. Архитектура модели SkolkovoInstitute/russian\_toxicity\_classifier

Слой BertEmbedding содержит следующие параметры: word\_embeddings = 119547 (размер словаря); output = 768 (размер embedding'a), длина входной последовательности = 768. Слой Dropout (p = 0.1) предназначен для уменьшения вероятности переобучения сети.

При обучении модели на вышеупомянутом наборе данных, получены следующие результаты: Recall = 0,8862; Precision = 0,8862; Accuracy=0,9265.

На рис.6 представлен график потерь в различные моменты обучения модели SkolkovoInstitute/russian\_toxicity\_classifier. Мы наблюдаем незначительный рост потерь, а затем уменьшение.

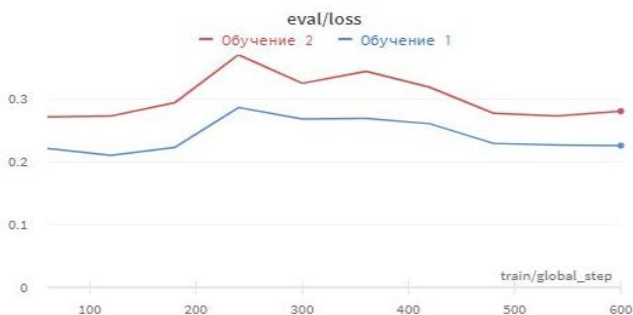


Рис. 6. График потерь при обучении SkolkovoInstitute/russian\_toxicity\_classifier

На рис.7 представлен график точности при обучении модели SkolkovoInstitute/russian\_toxicity\_classifier, который демонстрирует при переобучении снижение точности.

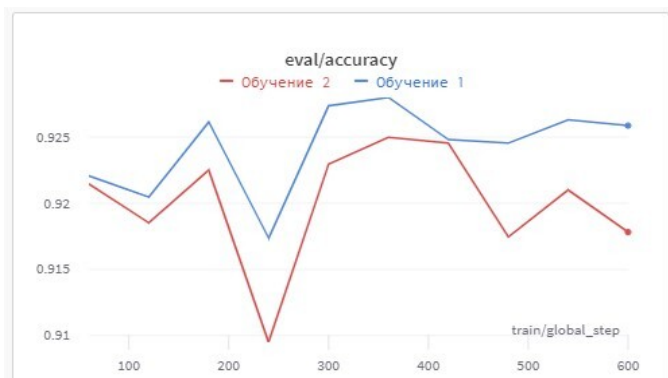


Рис. 7. Отношение точности при обучении SkolkovoInstitute/russian\_toxicity\_classifier

На рис. 8 предоставлен сравнительный график точности обучения двух моделей BertForSequenceClassification и SkolkovoInstitute/russian\_toxicity\_classifier.



Рис. 8. Сравнительный график точности

## Заключение

Как можем заметить, точность обучения в предобученной модели SkolkovoInstitute/russian\_toxicity\_classifier существенно выше, чем у Cointegrated/rubert-tiny.

По результатам проведенного исследования можно сделать следующий вывод: для решения задачи классификацию вербальной агрессии будет использоваться модель SkolkovoInstitute/russian\_toxicity\_classifier. Предполагается значительное расширение корпуса данных.

## Список литературы

1. Шейгал Е.И. Семиотика политического дискурса: монография / Е.И.Шейгал. - Волгоград: Перемена, 2000. - 367 с.
2. Сравнение эффективности методов векторного представления слов для определения тональности текстов [Электронный ресурс] : CyberLeninka. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnenie-effektivnosti-metodov-vektornogo-predstavleniya-slov-dlya-opredeleniya-tonalnosti-tekstov/viewer>
3. ТАСС. "Одноклассники" запустили нейросеть для борьбы с агрессивными комментариями [Электронный ресурс] : официальный сайт. – Режим доступа : <https://tass.ru/ekonomika/13977023>
4. Определение токсичных комментариев на русском языке [Электронный ресурс] : официальный сайт. – Режим доступа : <https://habr.com/ru/company/vk/blog/526268/>
5. Hugging Face [Электронный ресурс] : официальный сайт. – Режим доступа : <https://huggingface.co/cointegrated/rubert-tiny2>



# Применение искусственных иммунных систем в фильтрации спам-писем

С. К. Ганиев, email: sharofidinov1990@gmail.com

Ш. Ж. Хамидов, email: hamidov.sherzod.1990@mail.ru

Ташкентский университет информационных технологий имени Мухаммада ал-Хоразми

**Аннотация.** *Вместе с ростом количества пользователей увеличиваются риски в области безопасности электронной почты. Спам электронной почты является одним из основных проблем современного Интернета, приносящий финансовый ущерб компаниям и раздражающий пользователей. Традиционные методы фильтрации спама включают в себя такие проблемы, как низкий уровень обнаружения ошибок, высокий уровень ложных срабатываний, слабая самоадаптация и т.д. Среди подходов, разработанных для борьбы со спамом, важными и популярными являются искусственные иммунные системы. В данной работе рассматривается иммунная система для фильтрации спама.*

**Ключевые слова:** *интеллектуальные, гибридные, спам-фильтры, фильтрация, извлечение признаков, искусственная иммунная система, антиген, антитело, библиотека генов.*

## Введение

Проблема нежелательных электронных сообщений в настоящее время является серьёзным вопросом безопасности электронной почты. Спам - незаконные и негативные явления, которые включают в себя использование сервисов электронной почты для отправки нежелательных писем с вредоносными ссылками и вложениями.

Для фильтрации спама было предложено множество решений, их можно разделить на три категории: простые подходы, интеллектуальные подходы и гибридные подходы. Простые подходы, могут быть легко реализованы, но при этом новые разновидности спама очень трудно обнаружить. Интеллектуальные подходы в последние годы играют всё более важную роль в борьбе со спамом благодаря своей способности к самообучению и хорошей производительности. Проектированная система обнаружения спама на основе одного подхода может быть легко взломана, поэтому для улучшения производительности и преодоления

недостатков каждого отдельного подхода предлагаются гибридные подходы, объединяющие два или более подхода.

Новые подходы к фильтрации спама разрабатываются постоянно, и методы, используемые для оценки этих новых подходов и анализа их эффективности, должны идти параллельно со временем.

### **1. Фильтрация спам-писем**

Спам-фильтры играют важную роль в обеспечении безопасности систем электронной почты, имеют определённые метрики и алгоритмы для фильтрации писем. Важным этапом проблемы фильтрации спама является ее распознавание и классификация.

При классификации электронной почты существующие методы борьбы со спамом сталкиваются с двумя основными проблемами. Входящее письмо распознаётся как спам и удаляется, либо спам письмо принимается как не спам. Этот процесс называется ложно положительным и ложно отрицательным соответственно. Ложное срабатывание происходит, когда письма или данные, классифицируются как спам, в то время как письма или данные, которые должны быть удалены, распознаются как не спам.

Важным этапом фильтрации спама является извлечение признаков из электронного письма. Эффективность стратегии извлечения признаков может оказать непосредственное влияние на общие результаты классификации и производительности в зависимости от ее точности, уникальности, надёжности и гибкости. Традиционные методы извлечения признаков:

Методы выбора термина используются для оценки значимости термина или признака, или количества информации, которую содержит термин или признак, для задания классификации, чтобы уменьшить вычислительную сложность и влияние зашумленных терминов или признаков [1].

Извлечение признаков из текста очень важно, оно играет решающую роль в классификации и напрямую влияет на точность. Этот метод извлечения признаков обычно содержит следующие этапы: выбор термина, извлечение признаков и отображение. При этом набор ключевых слов часто используется для текстовых признаков. Признаки электронных писем извлекаются и отображаются в единой форме [2].

Извлечение признаков на основе изображений. Электронные письма иногда содержат изображения с целью рекламы и маркетинга. Существуют различия между изображениями спама и обычными изображениями (атрибуты, цвета, текст, фон и т.д.), и в соответствии со значительными различиями между этими двумя категориями

изображений было предложено извлечение признаков на основе изображений [3].

Извлечение признаков на основе поведения. Различия между спамом и обычными письмами не только по содержанию, но и по цели отправки, способу передачи, диапазону взаимодействия и т.д. Обычно спаммеры принимают определённые меры для обхода спам-фильтров. Таким образом, мы можем отличить спам от нормальных писем, извлекая различные признаки поведения в процессе отправки писем [4].

## **2. Искусственная иммунная система для фильтрации спама**

Спам приходит в самых разных формах с некоторыми закономерностями. Подобно биологической иммунной системе, полное сообщение электронной почты, как заголовки, так и тело, рассматривается как антиген, а антителами являются цифровые биты шаблонов, которые описываются как регулярные выражения, чтобы приблизительно соответствовать антигенам. В результате, иммунная система может классифицировать сообщения посредством идентификации шаблонов. Существует несколько элементов, определённых для иммунной системы спама: антитело используется в качестве детектора, библиотека генов используется для создания антител, классифицированные сообщения используются для обучения антител, а входное сообщение просто должно быть сопоставлено для завершения фильтрации спама.

Представление детекторов: основным компонентом иммунной системы спама являются детекторы, которые называются антителами. Антитела необходимы для проверки содержимого сообщения электронной почты. Антитела могут быть описаны векторами атрибутов. Чтобы преобразовать сообщение электронной почты в антитело, сначала вычисляется локальный вес каждого слова в сообщении.

Взвешенное сходство: механизм сходства основан на локальных весах, а не на подсчёте схожих слов в двух электронных письмах. Следующим шагом является проверка этого сходства с пороговым значением, чтобы указать класс электронной почты.

Динамическое определение порога: в модели не используется статическое значение порога. Вместо этого используется пороговая функция, напрямую зависящая от количества схожих слов в обоих проверенных письмах.

Библиотека генов: слова, извлечённые из обучающих элементов и ячеек памяти, хранятся в библиотеке генов. Эта библиотека используется для выполнения мутации. Слово из этой библиотеки

заменяет слово из вектора признаков ячейки, как будет описано в алгоритме.

Кэширование антител: слова, имеющие наибольший вес из геной библиотеки, кэшируются в буферном слое антител.

Сортировка детекторов: набор детекторов сортируется после тестирования. Такая сортировка повышает производительность процесса фильтрации.

Отзыв пользователя: классифицированные спам письма не удаляются. Вместо этого система сохраняет его во временной папке. Если пользователь удалил электронное письмо из этой временной папки, это означает, что система провела правильную классификацию [5].

Алгоритм спам-фильтра на основе искусственной иммунной системы. Первым шагом является обучение детекторов. Как упоминалось ранее, в процессе обучения система использует как спам, так и не спам письма. После обучения каждое антитело, существующее в результате обучения, представляет собой пример заранее определенного спамового письма. Кэшированный слой антител строится из геной библиотеки на основе, имеющих наибольший вес в библиотеке генов. Новое поступающее электронное письмо, которое необходимо классифицировать, называется антигеном. Для проверки антигена он сначала подвергается предварительной обработке в соответствии с определением детекторов, рассмотренным ранее. Антиген будет представлен всем антителам, после чего рассчитывается сходство. Если значение сходства превышает пороговое значение, оно классифицируется как спам, в противном случае оно классифицируется как не спам и пропускается в папку входящих сообщений пользователя.

Возможны различные варианты:

- если антиген классифицирован как не спам, а пользователь переместил его в папку спам, это классификация считается ложной, система добавляет этот антиген к антителам в обучающем наборе как спам;

- если антиген классифицирован как спам, он будет перемещен в папку спама;

- если пользователь удалил антиген из папки спама, он подтверждает, что это письмо представляет собой спам, что означает, что классификация была верной;

- если пользователь переместил антиген в свой почтовый ящик, то процесс классификации считается ложным, а антитела, распознавшие этот антиген, удаляются из обучающего набора.

На рисунке показана модель искусственной иммунной системы для фильтрации спама.

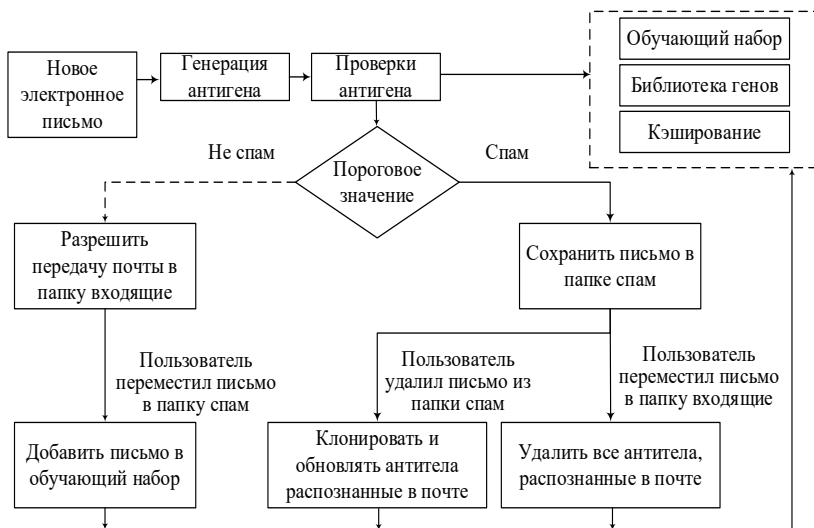


Рисунок. Модель искусственной иммунной системы для фильтрации спама

### Заключение

В современных методах борьбы со спамом интеллектуальные методы обнаружения являются наиболее эффективными и перспективными подходами. Извлечение признаков является основной частью интеллектуальной системы обнаружения спама, которая играет решающую роль в эффективности классификации. В данной работе были рассмотрены этапы фильтрации спам писем, способы извлечения признаков и модель искусственной иммунной системы для фильтрации спама. Комбинирование искусственной иммунной системы с классическими статистическими методами может эффективно улучшить работу спам-фильтров.

### Список литературы

1. Learning to classify e-mail / I.Koprinska and others // Information Sciences – 2007. – №10. – P. 2167–2187.
2. Oda, T. Developing an immunity to spam / T. Oda, T. White // In Genetic and Evolutionary Computation GECCO 2003 Springer, New York – 2003. – P. 231–242.

3. Gao, Y. A comprehensive approach to image spam detection: From server to client solution / Y. Gao, A. Choudhary, G. Hua // IEEE Transactions on Information Forensics and Security – IEEE, Evanston, IL – 2010. – №5(4). – P. 826–836.
4. Chi-Yuan, Yeh. Effective spam classification based on meta-heuristics / Yeh Chi-Yuan, Wu Chih-Hung, Doong Shing-Hwang // In Systems, Man and Cybernetics, 2005 IEEE International Conference – IEEE, Waikoloa, HI, – 2005. – №4. – P. 3872–3877.
5. Haggag, M. H. Artificial immune system for spam filtering / Haggag M. H., Fattoh E. // International Journal of Intelligent Computing and Information Sciences (IJICIS) – 2009. – №9(2). – P. 117–129.

## Классификация изображений в приемной камере фандомата

З. С. Гостев, email: gostev\_z\_s@sc.vsu.ru<sup>1</sup>

А. А. Сирота, email: sir@cs.vsu.ru<sup>1</sup>

Е. В. Попова<sup>1,2</sup>

Д. А. Минаков<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»

<sup>2</sup> ООО «Формула Сортировки», г. Воронеж

**Аннотация.** *Разработано математическое и программное обеспечение для сегментации и классификации изображений в приёмной камере фандомата.*

**Ключевые слова:** *фандоматы, сегментация изображений, метод активного контура, случайный лес*

### Введение

Одной из важнейших проблем общества на сегодняшний день является загрязнение окружающей среды. Немаловажный вклад в этот процесс вносит накопление мусора. К 2016 году объём образования отходов в мире достиг 22 млрд тонн, что на 5% больше чем в 2015. В России, согласно данным Росприроднадзора за этот же год, накоплено 39.4 млрд тонн отходов производства и потребления [1].

Распространение практики повторной переработки отходов - важный шаг на пути к решению этой проблемы. Фандоматы являются промежуточным звеном в этой цепи. Они позволяют собирать пригодную для переработки тару, которую не нужно будет впоследствии сортировать.

Важным аспектом при конструировании фандоматов является обеспечение как можно более точной и практичной сортировки собираемой тары. Одним из подходов является идентификация тары по содержимому нанесённого на неё штрихкода. Однако данный метод имеет ряд значительных ограничений: невозможно прочесть повреждённый или не сохранённый в базе данных штрихкод, принять тару без этикетки. Сортировка тары при помощи технологий обработки изображений, машинного обучения и компьютерного зрения помогают преодолеть эти трудности.

Целью данного исследования является разработка математического и программного обеспечения для сегментации и классификации изображений в приёмной камере современного фандомата.<sup>5</sup>

## 1. Анализ предметной области

Фандомат – роботизированный агрегат, выменивающий возвратную тару, подлежащую переработке, у населения в обмен на вознаграждение. После того, как пользователь помещает тару в приемный отсек, аппарат делает серию фотоснимков принятого объекта. Полученные изображения используются для определения материала, из которого изготовлена тара.

Для переработки пригодно 3 типа тары (рис. 1):

- алюминиевая банка,
- стеклянная бутылка,
- пластиковая (ПЭТ) бутылка.

Необходимо классифицировать объект тары на полученном цифровом изображении, отнеся его к одному из вышеупомянутых классов.



*слева – алюминиевая банка, посередине – стеклянная бутылка, справа – пластиковая (ПЭТ) бутылка*

*Рис. 1. Примеры изображений тары трёх классов:*

## 2. Алгоритм проведения классификации тары

Общий алгоритм проведения классификации состоит из следующих шагов:

1. Сегментация исходного изображения тары.
2. Выделение признаков для классификации.
3. Классификации объекта на изображении.

## 3. Сегментация

Для того, чтобы классифицировать тару на полученном изображении, необходимо отделить область объекта от области фона, то есть провести сегментацию. Исходное цветное изображение преобразуется к бинарному, в котором пиксели с максимальными значениями яркости соответствуют таре, а минимальными – фону.



В предлагаемом алгоритме сегментация проводилась с помощью метода активных контуров [2]. Данный метод минимизирует функционал энергии деформируемого контура (или *снейка*). Функционал составлен таким образом, чтобы его локальному минимуму соответствовал контур, выделяющий искомые границы объекта на изображении.

Энергия активного контура состоит из внешней и внутренней. Внутренняя энергия зависит только от формы кривой и определяет ее упругость и жесткость. Внешняя энергия зависит от интенсивности изображения, на котором определен активный контур.

Определим энергию активного контура:

$$E_{snake}(C) = \int_0^1 (E_{int}(C(s)) + E_{ext}(C(s))) ds, \quad (1)$$

где  $C(s)$  - контур,  $E_{int}(C(s))$  - внутренняя энергия контура, определённая как

$$E_{int}(C(s)) = \alpha(s) |C'(s)|^2 + \beta(s) |C''(s)|^2, \quad (2)$$

где  $\alpha(s)$  регулирует упругость контура и  $\beta(s)$  регулирует жесткость контура, а  $E_{ext}(C(s))$  - внешняя энергия, определённая как

$$E_{ext}(C(s)) = P(C(s)). \quad (3)$$

Функция  $P$  называется потенциалом и определяет внешнее воздействие на активный контур, зависящее от свойств изображения. Потенциал определяется следующим образом:

$$P(x, y) = -w_{line} P_{line} - w_{edge} P_{edge}, \quad (4)$$

где  $w_{line}$  и  $w_{edge}$  - весовые коэффициенты соответствующих потенциалов.  $P_{line}$  и  $P_{edge}$  определяются как

$$P_{line}(x, y) = -|\nabla I(x, y)|^2, \quad (5)$$

$$P_{edge}(x, y) = -|\nabla(G_{\sigma}(x, y) * f(x, y))|^2, \quad (6)$$

где  $G_{\sigma}$  - это двумерная функция Гаусса со стандартным отклонением  $\sigma$ ,  $f$  - исходное изображение.

Для данной задачи используется коэффициент  $w_{line} = 0$ , поскольку требуется найти области перепадов, а не постоянной яркости.

Коэффициенты  $\alpha$  и  $\beta$  установлены экспериментальным путём в 0.5 и 1, соответственно. На рис. 2 приведены примеры сегментации методом активного контура с различными параметрами. В качестве начального приближения контура использовалась рамка, окаймляющая всё изображение.

Набор изображений, на которых тестировался алгоритм, был подготовлен в условиях, несколько отличающихся от условий внутри приёмочного отсека фандомата. В реальном фандомате можно обеспечить более мягкие условия для сегментации: зафиксировать фотокамеру, сохранять освещение постоянной яркости и тона. Изображения, получаемые таким образом, можно сегментировать более простыми методами: например, вычитанием снимка фона из изображения.



слева -  $\alpha = 0.1, \beta = 1$ , посередине -  $\alpha = 0.4, \beta = 1$ , справа -  $\alpha = 0.7, \beta = 1$ .

Красный контур – начальное приближение, синий – итоговый контур

Рис. 2. Примеры сегментации изображения алюминиевой банки методом активного контура с различными  $\alpha$  и  $\beta$  :

#### 4. Пороговый алгоритм классификации

Наиболее простым и естественным для данной задачи является использование *порогового алгоритма* классификации, который позволяет отличать изображения банок от изображений стеклянных и пластиковых бутылок. Данный метод основан на внешней несхожести этих двух классов: бутылка имеет сужение на одном из концов, а банка не имеет.

Выделение признаков для порогового алгоритма состоит из следующих шагов:

1. Выравнивание пространственной ориентации тары на сегментированном изображении.
2. Кадрирование изображения. Вырезается минимальный прямоугольник, содержащий область тары.
3. Кадрирование изображения отступом от края на заданную относительную величину.
4. Разделение изображения на прямоугольные сегменты (*слайсы*) с шагом по длиннейшей стороне.
5. Поиск модуля разницы относительной доли белых пикселей (пикселей тары) первого и последнего слайсов.

Промежуточные изображения, получаемые на шагах 1-4, изображены на рис. 3.



*слева – исходное сегментированное изображение бутылки, далее слева направо – шаги 1-4 алгоритма извлечения признаков*

Рис. 3. Примеры промежуточных изображений на этапе извлечения признаков для порогового алгоритма классификации

Окончательное значение признака (шаг 5) вычисляется по следующей формуле:

$$feature = \left| \frac{n_{first}}{area_{first}} - \frac{n_{last}}{area_{last}} \right|, \quad (7)$$

где  $feature$  – итоговое значение признака,  $n_{first}$  и  $n_{last}$  – количество пикселей объекта на первом и последнем слайсе,  $area_{first}$  и  $area_{last}$  – общее количество пикселей первого и последнего слайса, соответственно.

Изображение классифицируется как объект первого класса, если значение признака превышает заданный порог, иначе – как объект второго класса.

### 5. Классификация методом случайного леса

Более общий, но в то же время и более сложный подход – классификация методом *случайного леса*. В отличие от порогового классификатора, случайный лес позволяет классифицировать изображения на все три имеющихся класса. Данный метод является ансамблевым: он объединяет в один классификатор несколько деревьев принятия решений. Это позволяет построить более надёжную модель, которая обладает большей эффективностью обобщения и меньшей восприимчивостью к переобучению.

Мерой загрязнённости узла является индекс Джини:

$$I_G(t) = \sum_{i=1}^c p(i|t)(1 - p(i|t)) = 1 - \sum_{i=1}^c p(i|t)^2, \quad (8)$$

где  $p(i|t)$  – доля образцов, которые принадлежат классу  $i$  для индивидуального узла  $t$ ,  $c$  – количество классов.

В качестве признаков для классификации используются величины заполненности слайсов, полученные при выделении признаков для порогового метода. В данном случае изображение допустимо разделять на прямоугольники, как по одной, так и сразу по обеим осям (рис. 4). Из набора признаков исключаются те, значимость которых ниже заданного значения. Количество слайсов и способ их извлечения, порог влияния признаков для отсекаания, количество решающих деревьев в ансамбле являются гиперпараметрами.

### 6. Результаты экспериментальных исследований

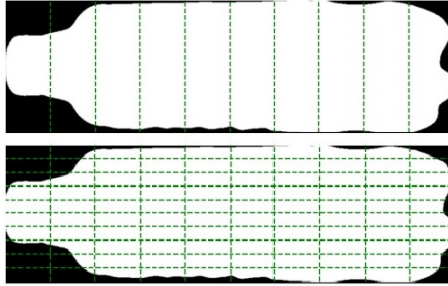
Для оценки эффективности реализованных методов был собран набор изображений различных тар каждого класса, сфотографированных на равномерном фоне. Примеры таких изображений показаны на рис. 1. Этот датасет содержит 35 фотографий алюминиевых банок, 32 фотографии стеклянных и 97 фотографий пластиковых бутылок. Фотографии получены на прототипе, разработанном компанией ООО Смарт Рэй в рамках проекта. Также вручную была размечена маска тары каждого изображения для проверки точности сегментации.

В качестве меры правильности сегментации была использована метрика IoU (intersection over union), которая задаётся следующим выражением:

$$IoU = \frac{TP}{TP + FP + FN}, \quad (9)$$

где  $TP$  - положительные пиксели (пиксели объекта),  $FP$  - ложноположительные пиксели,  $FN$  - ложноотрицательные пиксели.

Оценка результатов правильности сегментации представлена в табл. 1.



*сверху – изображение бутылки, нарезанное на 10 слайсов по ширине, снизу – то же изображение, нарезанное на 10 слайсов по ширине и 10 по длине*

*Рис. 4. Примеры нарезки изображения бутылки на различное количество слайсов*

Таблица 1

*Результаты сегментации*

	<b>Среднее</b>	<b>Минимум</b>	<b>Максимум</b>	<b>Количество</b>
<b>Алюминиевая банка</b>	0.98	0.96	0.99	35
<b>Стеклоянная бутылка</b>	0.98	0.97	0.99	32
<b>Пластиковая бутылка</b>	0.96	0.70	0.99	97
<b>Все классы</b>	0.97	0.70	0.99	164

Наилучшие результаты классификации методом случайного леса были достигнуты при следующих значениях гиперпараметров: 10 решающих деревьев в ансамбле, 10 слайсов, нарезанных с шагом по длиннейшей оси, порог отсечения значимости признаков – 0.05. Результаты классификации пороговым методом, а также результаты

перекрестной проверки по десяти блокам с размером тестовой выборки, равным 0,2, для случайного леса представлены в табл. 2.

Таблица 2

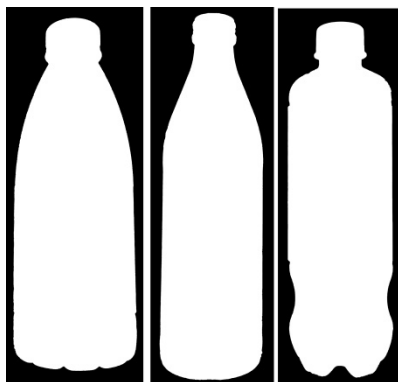
*Результаты классификации*

	Результат
<b>Пороговый метод</b>	1.00
<b>Метод случайного леса</b>	0.95

### 7. Обсуждение результатов

Как видно из результатов, рассмотренные методы позволяют достичь достаточно высокой эффективности сегментации и классификации для данной задачи. Наихудшее значение правильности сегментации было получено для изображений пластиковых бутылок. Это связано с тем, что пустая тара из этого материала обладает слишком высокой прозрачностью, что уменьшает контрастность у её границ на изображении.

Несмотря на то, что пороговый метод классификации не допустил ни одной ошибки, метод случайного леса является более полезным, поскольку позволяет разделять все три класса объектов. По результатам перекрестной проверки ансамблевый алгоритм допускает от нуля до двух ошибок. Чаще всего данный классификатор путает стеклянные бутылки и пластиковые, которые имеют вытянутую, как у стеклянных, горловину (рис. 5).



*слева – пластиковая бутылка, ошибочно классифицированная как стеклянная, в середине – стеклянная бутылка, справа – пластиковая бутылка*

*Рис. 5. Сравнение форм стеклянной и пластиковой бутылок*

В практическом плане результаты исследований по созданию математического и программного обеспечения в полном объеме могут быть реализованы в организациях промышленности, в том числе, на предприятии - промышленном партнере (ООО «Смарт Рэй») в разрабатываемых средствах экспресс-анализа и системах машинного зрения работающих в режиме реального времени, как в плане определения основных направлений развития производства, так и в конкретных конструкторских решениях и работах по модернизации выпускаемого оборудования.

### **Заключение**

В ходе работы реализовано математическое и программное обеспечение для сегментации изображений в приёмной камере фандомата. При сегментации методом активного контура достигнута точность 0.97. Точность классификации алгоритмом случайного леса – 0.95.

Работа выполнена при финансовой поддержке Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере в рамках программы Старт-21-1 (2 очередь) / Н4. Новые приборы и интеллектуальные производственные технологии. Договор №4230ГС1/70439 от 27.10.2021 – «Разработка мультиспектрального фандомата для приёма вторичного сырья».

### **Список литературы**

1. Волкова А.В. Рынок утилизации отходов – 2018 [Электронный ресурс] : экономическое исследование / А.В. Волкова. – ВШЭ, 2018. – Режим доступа : <https://dcenter.hse.ru/data/2018/07/11/1151608260/Рынок%20утилизации%20отходов%202018.pdf>
2. Snakes: Active Contour Models / M. Kass, A. Witkin, D. Terzopoulos; Schlumberger Palo Alto Research // Internation Journal Of Computer Vision. – Boston : Kluwer Academic Publicshers, 1987. – P. 321-331.
3. Classification and Regression Trees : book / L. Breiman [et al.]. – 1st Edition. – New York : Chapman & Hall/CRC, 1984. – 368 p.
4. Understanding Random Forests : From Theory to Practice : PhD dissertation / G. Louppe. – Belgium: University of Liège, 2014. – 223 p.
5. Generalized Intersection over Union: A Metric and A Loss for Bounding Box Regression / H. Rezatofighi [et al.]. – USA : Stanford University, 2019. – 9 p.

# Мультиплексирование скрытых каналов при реализации стеганографического встраивания в цифровые изображения с использованием некриптографических хеш-функций

М. А. Дрюченко, email: m\_dryuchenko@mail.ru

Воронежский государственный университет

**Аннотация.** В данной работе рассматривается алгоритм стеганографического скрытия информации в пространственном представлении цифровых изображений, основанный на использовании некриптографических хеш-функций для извлечения данных. Алгоритм не является робастным, но характеризуется малым соотношением числа модифицируемых бит контейнера к числу встраиваемых бит сообщения, что позволяет обеспечить минимальные визуальные и статистические искажения стегоконтейнеров. Описывается модификация алгоритма встраивания, позволяющая создавать несколько скрытых каналов, использующих общее подмножество элементов контейнера при встраивании в них сообщений, предназначенных для различных пользователей.

**Ключевые слова:** стеганографическое скрытие информации, некриптографические хеш-коды.

## Введение

Современные методы цифровой стеганографии позволяют эффективно решать задачи по защите конфиденциальности данных, организации защищенных скрытых каналов передачи информации, защите авторских прав, контроле целостности и аутентичности данных. В числе обязательных требований, предъявляемых к стегоалгоритмам, можно отметить минимизацию вносимых в процессе стегоскрытия искажающих изменений контейнеров. Вторым возможным требованием к стегоалгоритмам может выступать высокая скрытная пропускная способность (ПС)  $ПС = |M|/|I|$ , оцениваемая как отношение размера скрываемого сообщения  $M$  к размеру контейнера  $I$ . На практике совместить данные требования в рамках одного стегоалгоритма достаточно сложно – повышение ПС чаще всего реализуется за счет модификации большего числа элементов контейнера, что в свою очередь приводит к нежелательному увеличению его искажений.



Современные алгоритмы пространственной стеганографии [1-4] реализуют идею адаптивного внедрения сообщений, решая задачу минимизации искажений путем целенаправленного выбора для внедрения данных наиболее стохастических областей контейнера, искажения в которых достаточно сложно обнаружить не только визуально, но и с привлечением современных методов стегоанализа. К ограничениям подобных алгоритмов можно отнести невысокую ПС, а также (зачастую) необходимость наличия оригинальных незаполненных контейнеров для извлечения сообщений. Алгоритмы стохастической модуляции [5-7], минимизируют не абсолютные искажения контейнеров, а их статистические отличия от естественных незаполненных контейнеров путем внесения в них дополнительных шумов с заданными вероятностными распределениями, имитирующих шумы естественных контейнеров. При сопоставимой ПС уровень искажений маркированных алгоритмами стохастической модуляции контейнеров может быть значительно выше, чем для алгоритмов адаптивного пространственного скрытия. Современные алгоритмы, реализующие принцип *Steganography Without Embedding* «стеганография без встраивания» [8,9], не реализуют классического встраивания данных с модификацией элементов контейнера, не маскируют присутствие полезного сигнала под шумами, а с помощью специально обученных моделей машинного обучения (генеративно состязательных сетей) формируют синтетические заполненные контейнеры, из которых сообщение может быть извлечено обученными сетями-экстракторами. Подобные алгоритмы имеют достаточно высокую ПС и показывают хорошие результаты в части противодействия стегоанализу, однако они имеют существенные ограничения, связанные с необходимостью настройки и передачи достаточно больших моделей, а также невозможностью использования имеющихся контейнеров.

В данной работе рассматривается алгоритм стеганографического скрытия в пространственном представлении цветных изображений, позволяющий встраивать сообщения, длина которых существенно превышает число модифицируемых элементов носителя, что позволяет повысить ПС при минимальных итоговых искажениях маркированных контейнеров. Алгоритм предусматривает разбиение контейнера-изображения на непересекающиеся блоки с поиском для каждого из них такого минимально искаженного представления, которое обеспечивает корректное извлечение фрагмента сообщения – слова заданной разрядности. В процедуре извлечения ранее скрытых данных используется т.н. функция «свертки»  $H$ , применяемая к блокам

пикселей для их преобразования в значения фиксированной длины (слова сообщения). В качестве функции  $H$ , обеспечивающей требуемое преобразование входных данных, рассматривались некриптографические хеш-функции, характеризующиеся высоким быстродействием и хорошими стохастическими свойствами формируемых выходных значений. Для практической реализации стегаалгоритма была выбрана некриптографическая хеш-функция Murmur3 [10].

При разработке стегаалгоритма отдельное внимание было уделено вопросам мультиплексирования скрытых каналов. Был предложен вариант создания пары скрытых каналов, формируемых одновременно с использованием одного и того же подмножества элементов контейнера, позволяющих в несколько раз увеличить фактическую ПС алгоритма без необходимости внесения в блоки контейнера дополнительных существенных искажений.

### 1. Алгоритм встраивания данных

Рассмотрим алгоритм встраивания в режиме мультиплексирования каналов на примере создания в контейнере двух скрытых каналов  $C_M$  и  $C_S$ , используемых для передачи независимых сообщений  $M$  и  $S$ .  $M = m_1^{(n)} \parallel m_2^{(n)} \parallel \dots \parallel m_{N_M}^{(n)}$ ,  $N_M$  – число  $n$ -битных слов, составляющих скрываемое сообщение  $M$ ,  $S = s_1^{(v)} \parallel s_2^{(v)} \parallel \dots \parallel s_{N_S}^{(v)}$ ,  $N_S$  – число  $v$ -битных слов, составляющих сообщение  $S$ . Укрупненная блок-схема алгоритма встраивания приведена на рис. 1. Она включает следующие шаги.

Шаг 1. Загрузка сообщений  $M$  и  $S$ . Добавление целочисленных значений длин каждого сообщения в его начало. Задание размеров обрабатываемых блоков контейнера, разрядности скрываемых слов  $n$  и  $v$ , параметров для инициализации генераторов псевдослучайных числовых последовательностей (ГПСЧП), рандомизирующих встраиваемые слова и определяющих порядок обхода блоков при встраивании сообщений.

Шаг 2. Выбор на  $I$  очередного блока  $b_i$  и оценка его «гладкости». Модификация гладких блоков отрицательно отражается на визуальной и статистической незаметности факта стегоскрытия, поэтому в первую очередь в алгоритме модифицируются шумные блоки, допускающие потенциально большие искажения, которые с меньшей вероятностью могут быть обнаружены при стегоанализе. В качестве параметра гладкости блока использовалось среднее значение дисперсий, вычисленных для модулей градиента блока в каждом его канале

$c_i = \frac{1}{3} \sum_{ch=R,G,B} D(\text{grad}(b_{i,ch}))$ . Если гладкость  $i$ -го блока  $c_i < 0.15$ , то он пропускается и осуществляется переход в начало шага 2. Если блок подходит для встраивания выбирается очередное  $n$ -битное слово  $m_i^{(n)} \in M$  и выполняется его рандомизация  $\tilde{m}_i^{(n)} = m_i^{(n)} \oplus r_i^{(n)}$ ,  $r_i^{(n)}$  –  $n$ -битное значение на выходе ГПСЧП-1.

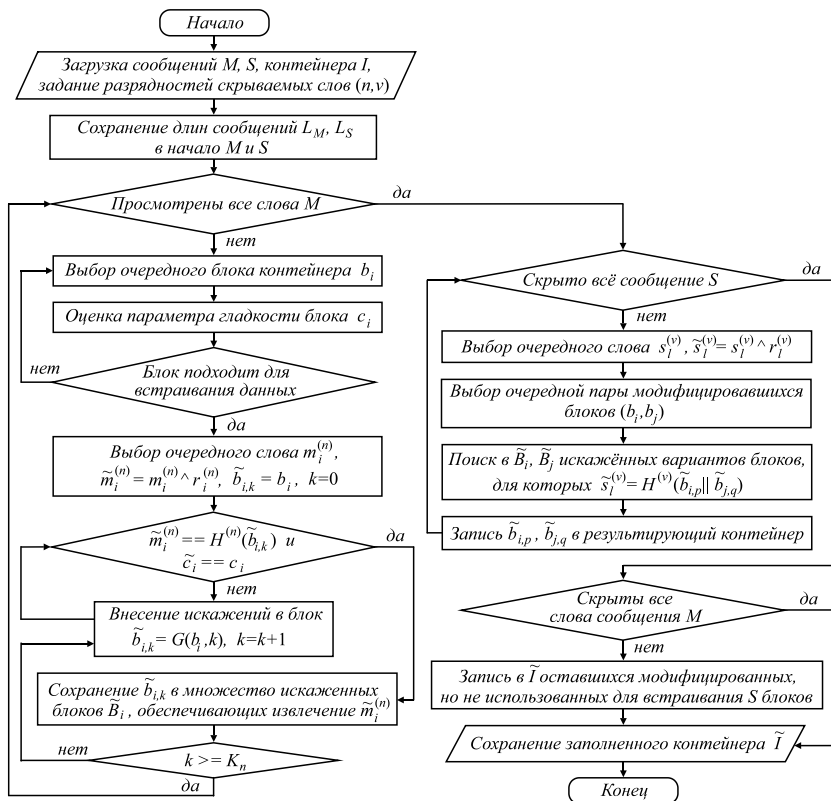


Рис. 1. Обобщенная схема алгоритма встраивания данных при создании двух скрытых каналов

Шаг 3. Вычисление множества различных вариантов искажений блока  $b_i$   $\tilde{B}_i = \{\tilde{b}_{i,1}, \dots, \tilde{b}_{i,N_i}\}$ , таких, что

$$H^{(n)}(\tilde{b}_{i,k}) = \tilde{m}_i^{(n)}, \tilde{c}_i \neq 0, \forall k = \overline{1, N_i}. \quad (1)$$

Элементы  $\tilde{B}_i$  являются коллизиями для функции  $H^{(n)}$  ( $N_i$  – число коллизий) и каждый из  $\tilde{b}_{i,k}$  обеспечивает корректное извлечение слова  $\tilde{m}_i^{(n)}$ . Для модификации элементов  $b_i$  применяется функция  $G$  вида

$$\tilde{b}_{i,k} = G(b_i, k) = (b_i(1) + \psi_{1,k}, b_i(2) + \psi_{2,k}, \dots, b_i(L_b) + \psi_{L_b,k}), \quad (2)$$

которая, в зависимости от текущего значения переменной счетчика  $k$ , добавляет к значениям цветов пикселей блока элементы вектора  $\Psi_k = (\psi_{1,k}, \dots, \psi_{L_b,k})^T$ , где  $\psi_{j,k}, j = \overline{1, L_b}$  могут принимать значения  $\{0, \pm 1, \pm 2, \dots, \pm \lambda\}$ ,  $\lambda$  – максимальное значение, добавляемое к значению цвета пикселя (обычно  $\lambda \leq 3$ ),  $L_b = 3 \cdot w \cdot h$  – число доступных для модификации элементов блока для полноцветных контейнеров. Векторы  $\Psi_k, k = \overline{1, K}$  формируются таким образом, чтобы при малых  $k$  количество и уровень вносимых изменений в  $b_i$  были минимальными. С увеличением  $k$  число одновременно модифицируемых коэффициентов в  $b_i$ , а также абсолютные значения приращений  $\psi_{j,k}$  постепенно увеличиваются.

Если просмотрены не все слова из  $M$  выполняется переход к шагу 2.

Шаг 4. Выбор очередного  $v$ -битного слова из второго скрываемого сообщения  $s_i^{(v)} \in S$ ,  $\tilde{s}_i^{(v)} = s_i^{(v)} \oplus r_i^{(v)}$ ,  $r_i^{(v)}$  –  $v$ -битное значение на выходе ГПСЧП-2.

Шаг 5. Согласно ГПСЧП-3 выбор очередной пары модифицировавшихся блоков  $b_i, b_j$ . Поиск в сформированных на шаге 3 множествах вариантов искажений  $\tilde{B}_i$  и  $\tilde{B}_j$  элементов, для которых справедливо

$$\tilde{s}_i^{(v)} = H^{(v)}(\tilde{b}_{i,p} \parallel \tilde{b}_{j,q}), \quad \|b_i - \tilde{b}_{i,p}\| \rightarrow \min, \quad \|b_j - \tilde{b}_{j,q}\| \rightarrow \min, \quad (3)$$

где  $\parallel$  – операция конкатенации блоков (на уровне байтовых массивов),  $H^{(v)}$  – некриптографическая хеш функция с финализированным выходом длиной  $v$ -бит. Запись содержимого модифицированных блоков  $\tilde{b}_{i,p}, \tilde{b}_{j,q}$  на соответствующие позиции в результирующем контейнере  $\tilde{I}$ . Для обеспечения возможности встраивания и извлечения  $v$ -битных слов  $\tilde{s}_i^{(v)}$ , необходимо, чтобы число различных пар искаженных блоков  $b_i, b_j$  в (3), оцениваемое как произведение мощностей множеств  $\tilde{B}_i$  и  $\tilde{B}_j$ ,

было не меньше, чем  $2^v$  (на практике, с учетом возможных коллизий в несколько раз больше).

Переход к шагу 4 если  $l < N_S$ , т.е. встроены не все слова из  $S$ .

Шаг 6. Если остались модифицировавшиеся на шаге 3, но не использованные для встраивания  $S$  блоки, из соответствующих им множеств  $\tilde{B}_i$  осуществляется выбор и запись в результирующий контейнер искаженных представлений блоков  $\tilde{b}_{i,p}$ , минимально отличающихся от исходных  $\|b_i - \tilde{b}_{i,p}\| \rightarrow \min$ .

Шаг 7. Сохранение заполненного контейнера  $\tilde{I}$ .

В результате формируется заполненный контейнер  $\tilde{I}$ , с парой скрытых каналов передачи информации  $C_M$  и  $C_S$ . Особенностью предложенной схемы является одновременное формирование скрытых каналов на основе одного и того же подмножества модифицируемых элементов носителя. Соотношение между длинами сообщений  $M$  и  $S$  может быть произвольным:  $|M| > |S|$ ,  $|M| < |S|$ ,  $|M| = |S|$ , все зависит от выбранной разрядности скрывааемых слов каждого сообщения. Например, если  $n = 4$ , а  $v = 16$  и для скрытия используются все подходящие блоки контейнера, то  $|S| = 2|M|$ . Соотношение между числом модифицируемых блоков контейнера подчиняется неравенству  $N_S \leq N_M/2$ .

Схематичная графическая интерпретация операций встраивания/извлечения данных из первого и второго скрытых каналов приведена на рис. 2.

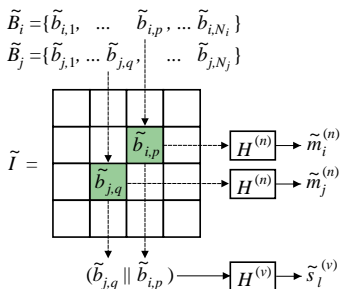


Рис. 2. Пример выбора искаженных блоков, обеспечивающих извлечение данных из первого и второго скрытых каналов

Пример исходных и модифицированных в режиме мультиплексирования скрытых каналов блоков контейнера при

встраивании пар 8-битных слов в  $C_M$  и 8-битных слов в  $C_S$  приведен на рис. 3. В качестве  $H^{(8)}$  использовалась некриптографическая хеш-функция Murmur3 с финализацией выхода по разрядности встраиваемых слов ( $seed = 135$ ),  $\lambda \leq 2$ ,  $N_{corr} \leq 3$ .

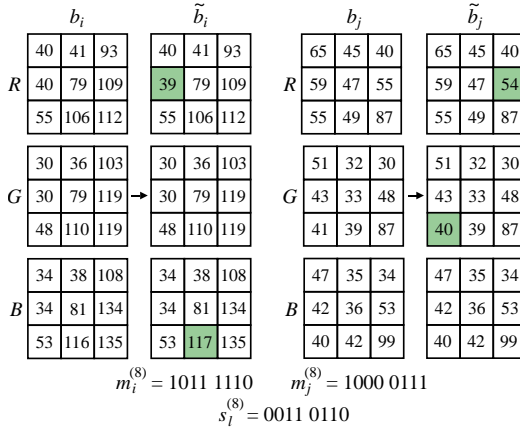


Рис. 3. Пример выбора искаженных блоков, обеспечивающих извлечение данных из первого и второго скрытых каналов

## 2. Алгоритм извлечения данных

Схема алгоритма извлечения данных приведена на рис. 4. Данный алгоритм не требует наличия исходного незаполненного контейнера, отличается вычислительной простотой и включает следующие шаги.

Шаг 1. Загрузка заполненного контейнера  $\tilde{I}$ .

Шаг 2. Согласно ГПСЧП-3 выбор на  $\tilde{I}$  очередной пары блоков  $\tilde{b}_i$ ,  $\tilde{b}_j$ , оценка их гладкости (гладкие блоки пропускаются и выполняется переход в начало шага 2).

Шаг 3. Извлечение и декодирование слова  $\tilde{s}_l^{(v)} = H^{(v)}(\tilde{b}_i \parallel \tilde{b}_j)$ ,  $s_l^{(v)} = \tilde{s}_l^{(v)} \oplus r_l^{(v)}$ . Если длина сообщения  $S$  не сформирована запись  $s_l^{(v)}$  в соответствующую целочисленную переменную  $L_S$ . Иначе запись  $s_l^{(v)}$  в результирующее сообщение  $S$ . Извлечение и декодирование слов  $\tilde{m}_i^{(n)} = H^{(n)}(\tilde{b}_i)$ ,  $m_i^{(n)} = \tilde{m}_i^{(n)} \oplus r_i^{(n)}$ ,  $\tilde{m}_j^{(n)} = H^{(n)}(\tilde{b}_j)$ ,  $m_j^{(n)} = \tilde{m}_j^{(n)} \oplus r_j^{(n)}$ . Если длина сообщения  $M$  не сформирована запись слов  $m_i^{(n)}, m_j^{(n)}$  в

соответствующую целочисленную переменную  $L_M$ . Иначе запись  $t_i^{(n)}$ ,  $t_j^{(n)}$  в результирующее сообщение  $M$ .

Если число извлеченных байт в  $S$  меньше  $L_S$  или  $S$  число извлеченных байт в  $M$  меньше  $L_M$  переход к шагу 2.

Шаг 4. Сохранение сообщений  $M$  и  $S$ .

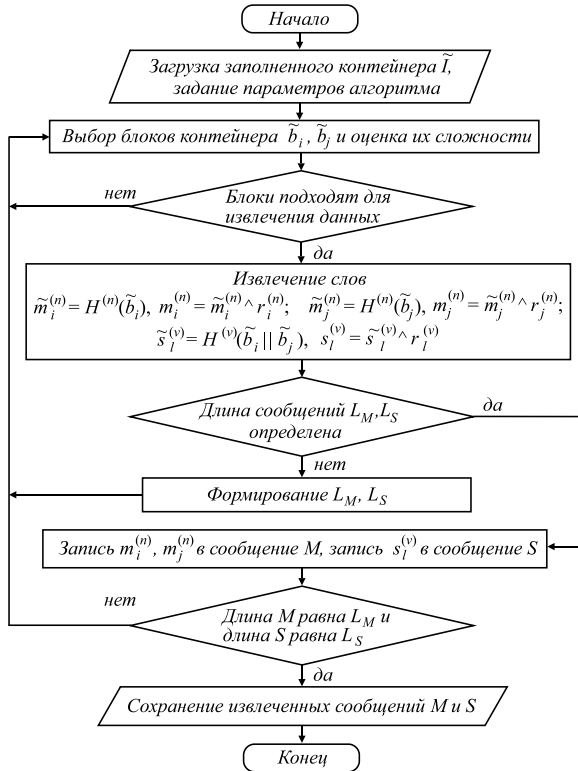


Рис. 4. Пример выбора искаженных блоков, обеспечивающих извлечение данных из первого и второго скрытых каналов

В общем случае каналы  $C_M$  и  $C_S$  могут использоваться для скрытой передачи данных любого характера, предназначенных различным абонентам. Особенность формирования скрытых каналов на основе одного и того же подмножества элементов контейнера допускает использование  $C_M$  как второстепенного несекретного канала,

маскирующего наличие  $C_s$ , содержащего конфиденциальную информацию.

### **Заключение**

Описанные в статье принципы скрытия и извлечения данных являются универсальными и могут применяться как в пространственном, так и в частотном [11] представлении контейнеров различных форматов. Алгоритм скрытия характеризуется достаточно высокой ПС и на практике способен обеспечить соотношение числа фактически модифицируемых бит контейнера к числу встраиваемых бит сообщения порядка 0,06, в то время как для большинства современных алгоритмов стегоскрытия данный показатель находится на уровне от 0,5 и выше. ПС алгоритма может варьироваться в зависимости от размеров искажаемых блоков, разрядности встраиваемых слов, характера содержимого маркируемых контейнеров, определяющего процент пропускаемых при скрытии блоков. Главной особенностью предложенной схемы мультиплексирования скрытых каналов является использование одного и того же подмножества элементов, подвергающихся одинаковым искажениям при встраивании различных сообщений, что позволяет увеличить ПС и снизить общий уровень вносимых в контейнер искажений.

### **Список литературы**

1. Holub, V. Designing steganographic distortion using directional filters / V. Holub, J. Fridrich // Proc. 4th IEEE Intern. Workshop on Inform. Forensics and Security (WIFS), Tenerife, Spain, 2012. – P. 234-239. DOI: 10.1109/WIFS.2012.6412655.
2. Holub, V. Digital image steganography using universal distortion / / V. Holub, J. Fridrich // Proc. 1st ACM Workshop on Inform. Hiding and Multimedia Security (IHMMSec), Montpellier, France, 2013. – P. 59-68. DOI: 10.1145/2482513.2482514.
3. Pevn'ý, T. Using high-dimensional image models to perform highly undetectable steganography / T. Pevn'ý, T. Filler, P. Bas // LNCS, 2010. – P. 161-177. DOI: 10.1007/978-3-642-16435-4\_13.
4. Keyless dynamic optimal multi-bit image steganography using energetic pixels / G. Paul [et al.] // Multimedia Tools and Applications, 76(5), 2017. – P. 7445-7471. DOI: 10.1007/s11042-016-3319-0.
5. Fridrich, J. Digital image steganography using stochastic modulation / J. Fridrich, M. Goljan // Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering, 2003. DOI: 10.1117/12.479739.
6. Елтышева, Е.Ю. Построение стегосистемы для растровых изображений на основе стохастической модуляции с учетом статистики



младших бит / Е.Ю. Елтышева // Вестник СибГУТИ. – 2011. – №2. – С. 63-75.

7. Сирота, А.А. Метод создания цифровых водяных знаков на основе гетероассоциативных сжимающих преобразований изображений и его реализация с использованием искусственных нейронных сетей / А.А. Сирота, М.А. Дрюченко, Е.Ю. Митрофанова // Компьютерная оптика. – 2018. – №3. – С. 483–494.

8. A Novel Image Steganography Method via Deep Convolutional Generative Adversarial Networks / H. Donghui [et al.] // IEEE Access, 2018. – Vol.6. – P. 38303-38314. DOI: 10.1109/ACCESS.2018.2852771.

9. Generative Steganography Network / W. Ping [et al.] // Proceedings of the 30th ACM International Conference on Multimedia, 2022. – P. 1621-1629. DOI: 10.1145/3503161.3548217.

10. Appleby, A. Murmurhash3 – non-cryptographic hash [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://github.com/aappleby/smhasher/>.

11. Дрюченко, М. А. Алгоритм стеганографического скрывания данных в jpeg изображения, основанный на использовании функций свертки / М.А. Дрюченко // Вестник Воронежского государственного университета. Серия : Системный анализ и информационные технологии. – 2018. – № 3. – С. 93–102.

# Применение процесса деидентификации для снижения рисков нарушения конфиденциальности

К. Ф. Керимов

З. И. Азизова, email: z.i.azizova@mail.ru

Ташкентский университет информационных технологий имени Мухаммада ал-Хоразмий

**Аннотация.** *В данной статье рассматривается процесс деидентификации в качестве одного из способов сохранения ключевой информации из исходного набора персональных данных, а также его применение в целях минимизации возможных рисков, которые необходимо учитывать в процессе реализации методов обезличивания персональных данных.*

**Ключевые слова:** *персональные данные, деидентификация, риски повторной идентификации, конфиденциальность.*

## Введение

Актуальность и востребованность использования больших массивов общедоступных данных вместе с возрастающим интересом и потребностями в повторном применении этих данных в условиях малой стоимости их хранения и обработки приносят сегодня достаточную пользу как обществу в целом, так и отдельным организационным структурам, при этом особое внимание уделяется соблюдению гарантированной защиты прав каждого гражданина на частную жизнь и персональные данные.

Деидентификация является хорошей стратегией для сохранения полезности при использовании персональных данных и для снижения рисков их компрометации впоследствии их публикации. В случае, когда набор данных подвергся процессу деидентификации, и определение принадлежности отдельных данных конкретному субъекту невозможна закон о защите данных теряет свою силу. В этом случае, создание действительно анонимного набора данных из огромного набора персональных данных, с учетом сохранности только требуемой информации становится сложной задачей.

## 1. Защита персональных данных

Вопросы обеспечения безопасности информационных ресурсов являются важным элементом функционирования организационной

структуры в современных экономических реалиях, что во многом обусловлено ростом числа атак на информационные системы и хранилища данных. С принятием Закона Республики Узбекистан №ЗРУ-547 «О персональных данных» от 02.07.2019 года многочисленные информационные системы, касающиеся сбора, хранения, обработки или передачи идентификационных данных физических лиц, стали подлежать модернизации в строгом соответствии с совершенно новыми требованиями. Реальность исполнения данного закона на практике в полной мере будет зависеть от создания практических инструментов его реализации и четкой формализации требований к защите частной информации.

Нарушения конфиденциальности персональных данных представляют собой значительную угрозу для непрерывной работы организаций, поэтому представляется целесообразным внедрение соответствующей политики и процедуры, регулирующих вопросы управления безопасностью обрабатываемых персональных данных. Такая необходимость определяется количеством и масштабами последствий нарушений безопасности персональных данных, которые происходят сегодня в глобальном масштабе.

В соответствии с требованиями закона №ЗРУ-547 оператор информационной системы при обработке персональных данных обязан принимать необходимые правовые, организационные и технические меры по защите персональных данных от незаконного или случайного доступа к ним, уничтожения, модификации, копирования и распространения персональных данных, а также иных неправомерных действий. Рост объема обрабатываемых данных создает новые вызовы для организаций в отношении надлежащего управления персональными данными, которыми они обладают, и обеспечения их надлежащей защиты.

Приобретенная и собранная информация, которая может быть проанализирована, представляет собой значительную экономическую ценность. В своей работе Джефф Седая неоднократно отмечает, что потенциальную ценность процесса деидентификации можно наблюдать в ее применении в качестве стратегии использования открытых данных отдельными лицами или обществом, при этом фактические риски определения субъектов персональных данных снижаются. Если же стоит цель необратимого предотвращения определения субъекта данных и при этом, не исключается возможность использования нескольких методов одновременно, по той причине, что в законодательстве нет предписывающего стандарта, следование которому было бы обязательным условием, необходимо применять анонимизацию [1].

## **2. Риски нарушения конфиденциальности**

Распространение общедоступной информации в глобальной сети в совокупности с более мощным компьютерным оборудованием позволило вновь идентифицировать обезличенные данные. Это говорит о том, что после деидентификации открытые данные могут быть вновь привязаны к конкретному пользователю к которому они относятся.

Де-идентификация представляет собой процесс обнаружения квази-идентификаторов, которые прямо или косвенно идентифицируют субъект (или объект), и удаления этих идентификаторов из существующего набора данных [2].

Реидентификация обезличенных данных представляет собой серьезные последствия нарушения конфиденциальности. По причине того, что нет строгого регулирования обезличенных данных, они могут быть проданы кому угодно и использованы в любых целях. Без регулирования процесса реидентификации все кто может получить доступ к реидентифицированным данным имеют возможность беспрецедентного доступа к ней. Обезличенные данные обычно реидентифицируются путем объединения двух или более наборов данных, для нахождения пользователя в обоих наборах [3]. При этом отсутствует обязательство сообщать, если данные были реидентифицированы.

Нарушением конфиденциальности является факт раскрытия персональной или конфиденциальной информации неавторизованным субъектам. Обезличенный набор данных может быть реидентифицирован следующими способами: недостаточной анонимизацией, изменением псевдонима или комбинированием наборов данных. Эти методы не являются взаимоисключающими, т.е. все три могут использоваться в совокупности для повторной идентификации субъекта в наборе обезличенных данных.

Пользователи информационных систем или социальных сетей зачастую бывают убеждены в обеспечении защиты персональных данных операторами. А сами операторы данных, в свою очередь, сталкиваются с серьезной проблемой сохранения конфиденциальности пользователей при публикации данных личного характера. С целью защиты они обычно обезличивают данные перед их публикацией при возможном использовании сторонними пользователями. С одной стороны, использование псевдонимизированных или деидентифицированных данных может быть очень полезным для исследователей благодаря детализации на индивидуальном уровне и тому, что псевдонимизированные записи из разных источников можно сравнить без особых затруднений. Однако это также означает, что

существует довольно высокий риск повторной идентификации. С другой стороны, агрегированные данные имеют относительно небольшой риск, в зависимости от уровня детализации, размера выборки и так далее. Такие данные могут быть довольно безопасными, поскольку риск повторной идентификации сравнительно невелик [3].

На рис. 0 приведены три категории нарушения конфиденциальности в сети.



Рис. 1. Способы нарушения конфиденциальности

Применение процесса деидентификации для снижения рисков нарушения конфиденциальности, сопровождается рисками следующего характера: выделение, которое соответствует возможности изолировать некоторые или все записи, которые идентифицируют человека в наборе данных; возможность соединения, то есть способность связывать, по крайней мере, две записи, относящиеся к одному и тому же субъекту данных или группе субъектов данных (либо в одной базе данных, либо в двух разных базах данных); логический вывод, который представляет собой возможность со значительной вероятностью вывести значение атрибута из значений набора других атрибутов.

Предположим, что все данные существуют в диапазоне идентифицируемости, как показано на рис. 11, процесс обезличивания перемещает их влево [4]. В левой части расположены данные, которые не связаны с отдельными лицами и поэтому не представляют риска для конфиденциальности. Справа находятся данные, которые связаны с конкретными субъектами. В центральной части находятся данные, которые могут быть связаны только с группами людей, и данные,

которые связаны с отдельными лицами, но не могут быть привязаны к другим.

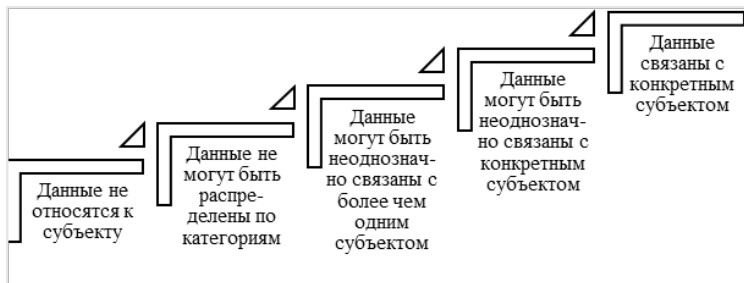


Рис. 2. Повышение риска нарушения конфиденциальности

Процесс обезличивания наблюдается при смещении данных влево с учетом необходимой практической полезности рассматриваемых наборов данных. Это снижает риск распространения обезличенных данных среди широкого круга лиц [5]. Оценка уровня обезличенности производится по специальной модели, в зависимости от риска реидентификации: в случае, когда по конечному набору данных можно определить их владельца, подобным методам обезличивания присваивается коэффициент низшего порядка. Если же установление субъекта персональных данных невозможно без существенных усилий, то коэффициент будет выше.

Применение процесса деидентификации данных как одного из базовых методов защиты конфиденциальности (при условии, что он был выполнен должным образом), риск осуществления повторной идентификации минимизируется. При этом, следует помнить, что выбор наиболее подходящего метода обезличивания зависит от набора данных, степени доступности информации для злоумышленников и типа информации, содержащейся в наборе данных, что является достаточно тривиальной задачей. Комбинированный подход к использованию методов обезличивания позволит довести процесс деперсонализации до необходимого и приемлемого уровня. Обезличенные данные теряют статус персональных данных. Если в какой-либо информационной системе персональных данных отсутствует доступ к программному обеспечению по реидентификации, алгоритму обезличивания и предполагается работа только с обезличенными данными, например, для статистических выводов или разработки и отладки программного обеспечения, такая «внешняя» база данных перестает быть

информационной системой обработки персональных данных с учетом требований к защите персональных данных.

### **Заключение**

Таким образом, при создании системы защиты персональных данных крайне важно учитывать все имеющиеся уязвимости информационной системы персональных данных, а также характеристику возможных объектов нарушения и атак на системы реализованных злоумышленниками, пути получения несанкционированного доступа к системе и способам использования компрометированных данных. Система защиты должна строиться с учетом не только всех известных каналов проникновения, но и с учетом возможности появления преимущественно новых путей реализации угроз безопасности данных.

### **Литература**

1. Sedayao, Jeff B. Making big data, privacy and anonymization work together in the enterprise / Jeff B. Sedayao // IEEE International Congress on Big Data. – 2014. – P. 601-607.
2. Health Insurance Portability and Accountability Act (HIPAA). [Электронный ресурс] : база данных. – Режим доступа: <https://www.cdc.gov/phlp/publications/topic/hipaa.html>
3. Ohm, P. Broken Promises: Responding to the Surprising Failure of Anonymization / P. Ohm // 57 UCLA L. REV. – 2010. – P. 1701-1077.
4. Ganiev, A. A. Understanding of Data De-identification: Issues of Relevance and Problems / A. A. Ganiev, K. F. Kerimov, Z. I. Azizova // 2021 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT), – 2021, P. 1-4.
5. Barth-Jones, D. The 'Re-Identification' of Governor William Weld's Medical Information: A Critical Re-Examination of Health Data Identification Risks and Privacy Protections / D. Barth-Jones // DCB-J. – 2012. – P. 1-19.

# Исследование алгоритма выявления групп территориально совмещенных источников радиоизлучения методом среднего сдвига

Э. А. Кирсанов, email: ekir74@mail.ru  
В. А. Татаринцев, email: twa6791@mail.ru  
М. Р. Гладких, email: gladkih.mish@yandex.ru

ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора  
Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», (г. Воронеж)

**Аннотация.** *Рассматривается программная реализация модуля, позволяющего решать задачу выявления групп территориально совмещенных источников радиоизлучения методом «среднего сдвига», выполненная среде программирования Borland C++ Builder 6.0.*

**Ключевые слова:** *автоматическая классификация, метод «среднего сдвига», многопозиционная радиосистема.*

## Введение

В [1] рассматривался алгоритм автоматической классификации множества полученных в многопозиционных радиосистемах (МРС) оценок координат источников радиоизлучения (ИРИ) методом «среднего сдвига» [2, 3], модифицированным с целью учета отличия ковариационных матриц ошибок вычисления координат в различных точках плоскости. При этом эффективность метода «среднего сдвига» зависит от подлежащей подбору ширины гауссовского ядра.

Целью настоящей работы является исследование возможности аппроксимации зависимости ширины гауссовского ядра от ошибки измерения пеленга и рассмотрение особенностей программной реализации модуля выявления групп территориально совмещенных ИРИ методом «среднего сдвига».

## 1. Постановка и решение задачи

Согласно [1], точка «среднего сдвига» определяется выражением

$$\mathbf{m}(\mathbf{X}) = \left[ \sum_{k=1}^N K_k(\mathbf{X}, h) \mathbf{C}_k \right]^{-1} \sum_{k=1}^N K_k(\mathbf{X}, h) \mathbf{C}_k \mathbf{X}_k, \quad (1)$$

где



$$K_k(\mathbf{X}, h) = \frac{|\mathbf{C}_k|^{1/2}}{2\pi h^2} \exp\left\{-\frac{1}{2h^2}[\mathbf{X} - \mathbf{X}_k]^T \mathbf{C}_k [\mathbf{X} - \mathbf{X}_k]\right\} \quad (2)$$

– гауссовское ядро с задающим его ширину параметром сглаживания  $h$ ,  $\mathbf{X}_k = (x_k, y_k)^T$  и  $\mathbf{C}_k$ ,  $1 \leq k \leq N$  - множества оценок векторов координат ИРИ и матриц точности их оценивания [4]. Процедура «среднего сдвига» начинает свою работу с каждой точки выборки, циклически перемещаясь во вновь пересчитываемую точку сдвига (1), вплоть до сходимости итерационной процедуры. Блок-схема алгоритма выявления групп территориально совмещенных ИРИ методом «среднего сдвига» приведена на рис. 1.



Рис. 1. Блок-схема алгоритма

Для оценивания эффективности рассмотренного алгоритма осуществлялось статистическое моделирование результатов работы угломерной МРС с базой 10 км. Расстояние между соседними пеленгаторами, размещаемыми на линии база, задавалось одинаковым. Зона ответственности МРС размером  $10 \times 10$  км располагалась на расстоянии 5 км от линии базы. По равномерному закону генерировалось истинное число групп ИРИ  $L$  из интервала 2-10. Затем равномерно в зоне ответственности генерировались координаты их центров таким образом, чтобы расстояние между ближайшими центрами было не менее 1 км. Число наблюдений в каждом классе генерировалось по равномерному закону в диапазоне 5-15. Для каждого из них генерировались измеренные значения пеленгов со средними квадратическими ошибками (СКО)  $\sigma_\theta$ . Оценки координат ИРИ вычислялись по минимуму суммы квадратов до линий пеленгов.

На рис. 2 приведены зависимости обеспечивающего максимальную вероятность правильного определения числа классов значения ширины ядра  $h$  от ошибки измерения пеленга, где красные кривые соответствуют количеству пеленгаторов МРС  $N_p = 2$ , а синие -  $N_p = 3$ .

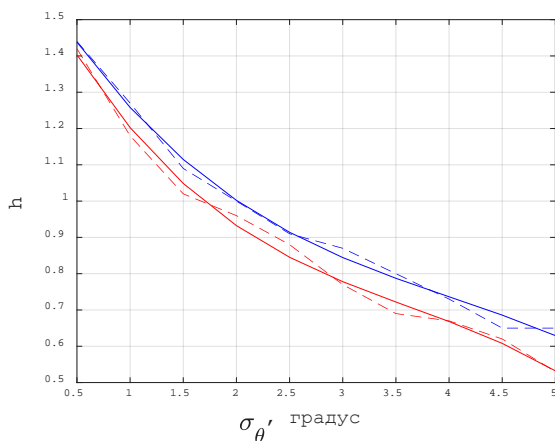


Рис. 2. Зависимости значения ширины ядра от ошибки измерения пеленга и их аппроксимации полиномом третьей степени

Пунктирные кривые получены в результате набора статистики (выборочные), а сплошные — по результатам их аппроксимации

полиномом третьей степени в Matlab (для вычисления полиномиальных коэффициентов использовалась функция `polyfit`, а для оценивания полином в заданных точках – `polyval`). Из рисунка видно достаточно хорошее совпадение указанных кривых.

## **2. Программная реализация модуля выявления групп территориально совмещенных ИРИ методом «среднего сдвига»**

Для решения задачи обработки множества полученных угломерной многопозиционной радиосистемой оценок координат источников радиоизлучения в интересах выявления заранее неизвестного числа групп территориально совмещенных ИРИ модифицированным методом «среднего сдвига» в визуальной, объектно-ориентированной среде программирования Borland C++ Builder 6.0 была разработана соответствующая программа, в которой использовалась аппроксимация зависимостей значения ширины ядра от ошибки измерения пеленга.

При первом запуске открывается главное окно программы и отображаются засечки, соответствующие количеству пеленгаторов  $N_p = 2$  и ошибке измерения пеленга  $\sigma_\theta = 1$  градус. После выбора в верхней части главного окна программы пункта меню «Выявить группы ИРИ» осуществляется выявление групп территориально совмещенных ИРИ модифицированным методом «среднего сдвига». При этом осуществляется последовательный сдвиг каждой засечки к своему среднему. Для замедления процесса отображения сдвигаемых точек используется класс `Timer`. Результатом выявления групп территориально совмещенных ИРИ модифицированным методом «среднего сдвига» являются центры сформированных классов, отображаемые крестиками. После выбора в верхней части главного окна программы пункта меню «Оценить эффективность» осуществляется оценивание эффективности выявления групп территориально совмещенных ИРИ. При этом белым кружком отображаются истинные центры классов, а засечки отнесенные к каждому сформированному классу отображаются одним (одинаковым) цветом.

После выбора в верхней части главного окна программы пункта меню «Файл» и затем «Исходные данные» предоставляется возможность изменения количества пеленгаторов и значения ошибки измерения пеленга.

## **3. Заключение**

С использованием аппроксимации зависимостей значения ширины ядра от ошибки измерения пеленга выполнена программная реализация модуля выявления групп территориально совмещенных ИРИ методом «среднего сдвига». Программа позволяет решать задачу обработки

множества полученных угломерной многопозиционной радиосистемой оценок координат источников радиоизлучения в интересах выявления заранее неизвестного числа групп территориально совмещенных источников радиоизлучения модифицированным методом «среднего сдвига» с учетом неоднородности пространства признаков и оценивать эффективность ее решения. В программе предусмотрена возможность изменения количества пеленгаторов и значения ошибки пеленгования.

### Список литературы

1. Кирсанов, Э. А. Сравнительный анализ алгоритмов автоматической классификации координатной информации в угломерных многопозиционных радиосистемах на основе самоорганизующейся нейронной сети и метода «среднего сдвига» / Э. А. Кирсанов, В. А. Татаринцев // Радиотехника. – 2021. – № 1. – С. 62-68.
2. Fukunaga K. The estimation of the gradient of a density function, with applications in pattern recognition / K. Fukunaga, L. Hostetler // IEEE Transactions on information theory. – 1975. – № 1. – P. 32-40.
3. Simovici, D. A. Clustering: Theoretical And Practical Aspects. / D. A. Simovici. – Singapore: World Scientific Publishing Company, 2021. – 881 p.
4. Ширман Я. Д. Теория и техника обработки радиолокационной информации на фоне помех / Я. Д. Ширман, В. Н. Манжос. – М.: Радио и связь, 1981. – 416 с.

# Платформы обработки сетевого трафика на ПЛИС с аппаратными СФ-блоками

А. С. Коваль, email: koval@cs.vsu.ru

Воронежский государственный университет

**Аннотация.** *Решение проблем обработки трафика сетей в реальном времени в задачах обеспечения информационной безопасности или повышения QoS/QoE требует применения специализированных аппаратных средств. Рассматриваются варианты платформ, построенных на основе ПЛИС с аппаратными СФ-блоками (процессоров и периферии) и средства разработки.*

**Ключевые слова:** классификация трафика, ПЛИС, SnK, FPGA, SoC, QoS, QoE.

## Введение

Требование обработки трафика сетей в реальном масштабе-времени (РВ) обычно возникает в задачах обеспечения информационной безопасности и QoS/QoE. Аппаратные решения уменьшают время обработки, таким образом, упрощая достижение необходимого режима РВ (жесткого или мягкого)[1]. Кроме того, аппаратные решения дают дополнительные гарантии невозможности злонамеренной модификации алгоритмов обработки. Поэтому актуальна задача выбора платформ разработки аппаратных решений, как для оценки идей, исследований, так и для апробирования прототипов: оценки работы устройства или сети из нескольких устройств (сеть с OpenFlow-свичами [2]) на реальном трафике.

## 1. Варианты платформ

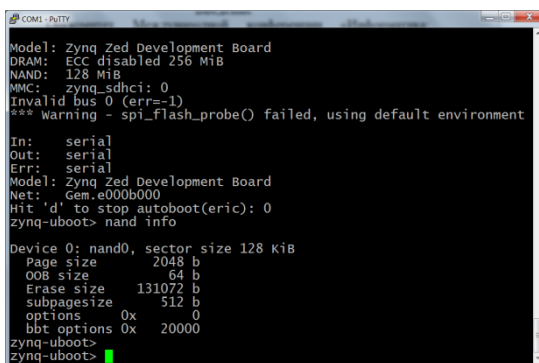
Помимо высокой скорости обработки потока пакетов, аппаратная платформа должна позволять реализовывать как можно более широкий класс алгоритмов обработки и их параметров. Так называемые SmartNIC – это вариант с наименьшими подобными возможностями, т.к. реализованы на ASIC и отличаются от обычных сетевых контроллеров повышенной вычислительной мощностью и дополнительными приложениями обработки. SmartNIC, созданные для дата-центров, содержат приложения для Network Function Virtualization (NFV), Deep Packet Inspection (DPI). Для обозначения последних устройств часто используется термин Data Processing Unit (DPU). Наиболее известны

SmartNIC компаний-производителей Mellanox, Broadcom, Nvidia. Google, Amazon - так же имеют подобные разработки. Помимо ограниченного набора функций и приложений, практически все SmartNIC используют проприетарные закрытые технологии и мало подходят в качестве исследовательской платформы [3].

Платформы основанные на ПЛИС не имеют вышеуказанного недостатка SmartNIC: с помощью средств разработки реализуются произвольные алгоритмы обработки пакетов. К сожалению средства и длительная последовательность этапов разработки - сложны. Для сокращения времени создания прототипа на данный момент существует несколько подходов: высокоуровневый синтез (HLS); предметно-ориентированные репрограммируемые платформы с кодовой базой (NetFPGA, Alveo); экосистемы типа PYNQ. Помимо этого, в рамках подхода Система-на-Кристалле (СнК, англ. SoC) существует отдельный класс ПЛИС с аппаратными сложнофункциональными (СФ) блоками, которые работают под управлением ОС [4].

## 2. Платформа на основе СнК-ПЛИС

В данной работе использовались ПЛИС Zynq-7xxx компании Xilinx, содержащие два аппаратных ядра ARM и необходимую для них периферию. Запуск ОС на аппаратных процессорах СнК-ПЛИС решает еще одну важную задачу в контексте обсуждаемых платформ: изоляцию системы управления (control plane) и системы передачи данных (data plane), повышая надежность и уменьшая задержки в тракте передачи данных. Доступный вариант плат разработки с ПЛИС Zynq-7010 – плата управления от биткоин-майнера Ebit E9, помимо ПЛИС, содержит NAND-память 128MiB, DDR3-память SDRAM 256MiB, разъем micro SD, контроллер Ethernet WIZnet IP101GA:



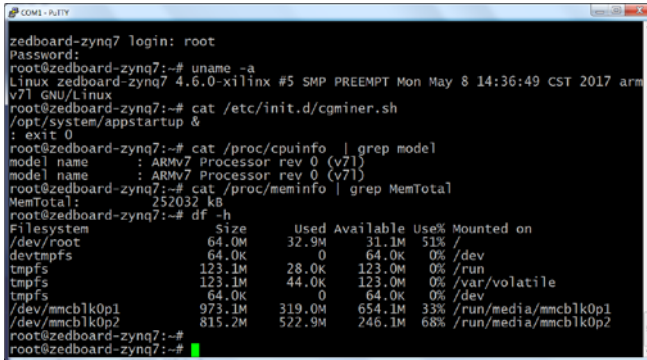
```
COM1 - PUTTY
Model: Zynq Zed Development Board
DRAM: ECC disabled 256 MiB
NAND: 128 MiB
MMC: zynq_sdhci: 0
Invalid bus 0 (err=-1)
*** Warning - spi_flash_probe() failed, using default environment

In: serial
Out: serial
Err: serial
Model: Zynq Zed Development Board
Net: Gem.e000b000
Hit 'd' to stop autoboot(eric): 0
zynq-uboot> nand info

Device 0: nand0, sector size 128 KiB
Page size      2048 b
OOB size       64 b
Erase size     131072 b
subpagesize    512 b
options        0x 0
bbt options    0x 20000
zynq-uboot>
zynq-uboot>
```

Рис. 1. Загрузчик управления биткоин-майнера Ebit E9

При подаче питания загружается ОС Linux из NAND и далее запускается процесс управления майнинг-платформой.



```
zedboard-zynq7 login: root
Password:
root@zedboard-zynq7:~# uname -a
Linux zedboard-zynq7 4.6.0-xilinx #5 SMP PREEMPT Mon May 8 14:36:49 CST 2017 armv7l GNU/Linux
root@zedboard-zynq7:~# cat /etc/init.d/cgminer.sh
/opt/system/appstartup &
: exit 0
root@zedboard-zynq7:~# cat /proc/cpuinfo | grep model
model name      : ARMv7 Processor rev 0 (v7l)
model name      : ARMv7 Processor rev 0 (v7l)
root@zedboard-zynq7:~# cat /proc/meminfo | grep MemTotal
MemTotal:      252032 kB
root@zedboard-zynq7:~# df -h
Filesystem      Size      Used Available Use% Mounted on
/dev/root        64.0M     32.9M     31.1M    51% /
devtmpfs        64.0K     0          64.0K    0% /dev
tmpfs           123.1M    28.0K     123.0M   0% /run
tmpfs           123.1M    44.0K     123.0M   0% /var/volatile
tmpfs           64.0K     0          64.0K    0% /dev
/dev/mmcblk0p1  973.1M   319.0M   654.1M   33% /run/media/mmcblk0p1
/dev/mmcblk0p2  815.2M   522.9M   246.1M   68% /run/media/mmcblk0p2
root@zedboard-zynq7:~#
root@zedboard-zynq7:~#
```

Рис. 2. ОС биткоин-майнера

В ходе работы был создан проект с загрузкой ОС Linux с micro SD карты. Проект содержит аппаратную конфигурацию ПЛИС, и компоненты ОС: ядро, корневую файловую систему и загрузчик u-boot.

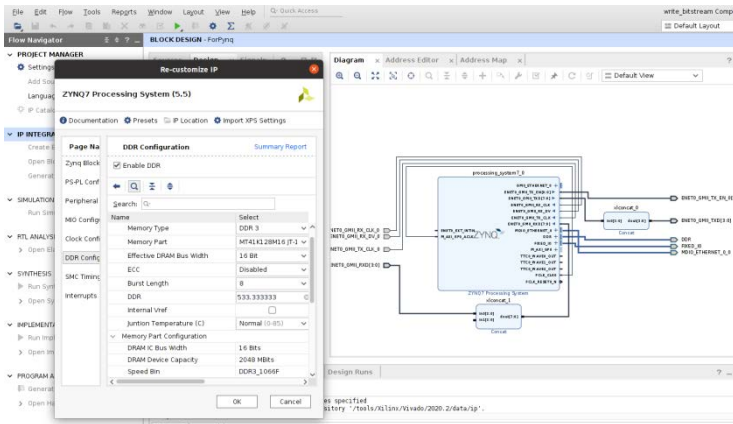


Рис. 3. Конфигурация аппаратной части базового проекта

Стандартные средства проектирования для СнК Zynq включают компонент PetaLinux Tools для создания корневой системы, сборки ядра и адаптации загрузчика к конкретной платформе.

```

COM47-115200
Petalinux 2020.2 E4205BaseLinux /dev/ttyPS0

E4205BaseLinux login: root
Password:
Last login: Fri Jan 20 08:20:12 UTC 2023 on ttyPS0
root@E4205BaseLinux:~# uname -a
Linux E4205BaseLinux 5.4.0-xilinx-v2020.2 #1 SMP PREEMPT Fri Jan 20 01:53:01
2023 armv7l GNU/Linux
root@E4205BaseLinux:~# cat /proc/cpuinfo | grep model
model name      : ARMv7 Processor rev 0 (v7l)
model name      : ARMv7 Processor rev 0 (v7l)
root@E4205BaseLinux:~# cat /proc/meminfo | grep MemTotal
MemTotal:      249324 kB
root@E4205BaseLinux:~# df -h
Filesystem      Size      Used Available Use% Mounted on
devtmpfs        109.8M    4.0K    109.8M    0% /dev
tmpfs           121.7M    76.0K    121.7M    0% /run
tmpfs           121.7M    52.0K    121.7M    0% /var/volatile
/dev/mmcblk0p1  7.4G     825.3M    6.6G     11% /media/sd-mmcblk0p1
root@E4205BaseLinux:~#

```

Рис. 4. Загрузка сборки ОС Linux базового проекта

ОС Linux и приложения выполняются на аппаратных СФ-блоках, процессорах ARM, это часть называется Processing System (PS). В реконфигурируемой части микросхемы – Programmable Logic (PL) можно размещать аппаратную часть обработки [4]. Разработанный первоначально базовый проект может использоваться для формирования в PS ускорителей обработки. Как отмечалось выше, для ускорения разработки существует несколько подходов. В данной работе применяется подход экосистемы PYNQ.

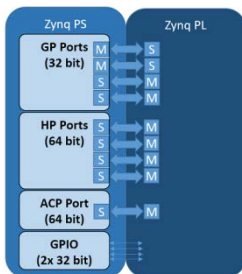


Рис. 5. PS и PL части ПЛИС Zynq

### 3. PYNQ: передача данных между PS и PL

PYNQ - проект с открытым кодом компании Xilinx для ПЛИС Zynq, Zynq UltraScale+, Zynq RFSoc и ускорителей Alveo. Основная идея: запуск в PS-части ПЛИС ОС Linux и Python, которые будут управлять загрузкой и работой в PL-части ПЛИС так называемых оверлеев.



На рис. 5 показаны: 4 интерфейса AXI Master HP (High Performance), 2 - AXI GP (General Purpose), 2 - AXI Slave GP порта, порт AXI Master ACP и 64 GPIO линий. Оверлей состоит из ПЛИС-конфигурации и Python API, позволяющих задействовать СФ-блоки и передавать данные между PS и PL Разработаны 4 класса для переноса данных между PS и PL:

1. `zynq.gpio.GPIO` - General Purpose Input/Output
2. `zynq.mmio.MMIO` - Memory Mapped IO
3. `zynq.buffer.allocate()` - Memory allocation
4. `zynq.lib.dma.DMA` - Direct Memory Access

### **Заключение**

В ходе работы был создан базовый Linux-проект для СнК Zynq. Сформирован загрузочный образ для неподдерживаемой PYNQ аппаратной платформы. В результате стало возможным выполнять «блокноты» Jupyter Notebook PYNQ [5] с ускорителями на PL ПЛИС. Это упрощает применение аппаратной обработки во многих сферах, в том числе и в задачах «глубокого» анализа пакетов. В дальнейшем планируется использовать PYNQ для аппаратной классификации трафика методами машинного обучения.

### **Список литературы**

1. Эннс, В. СнК, БМК или ПЛИС: выбор варианта исполнения цифровой интегральной схемы / В. Эннс // Компоненты и технологии. – 2018. – №4 (201). – С. 100-102.
2. Kang, J. A comparative study of zynq-based openflow switches in a software/hardware co-design / J. Kang, X. Hei, J. Song // Lecture Notes in Computer Science. – 2017. – Vol. 10658 LNCS. – P. 369-378.
3. "Облачная матрица" Pluribus заработала на "процессорах данных" Nvidia // Открытые системы. СУБД. – 2022. – № 2. – С. 7.
4. SoCs with Hardware and Software Programmability [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.xilinx.com/products/silicon-devices/soc/zynq-7000.html>
5. PYNQ embedded community projects [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.pynq.io/community.html>

## Алгоритм резервирования системы обнаружения атак в сети специального назначения

Т. В. Лебежкина, email: alina010570@mail.ru

В. А. Львов

Краснодарское высшее военное училище  
имени генерала армии С.М. Штеменко

**Аннотация.** *В статье рассматривается алгоритм реализации процесса резервирования системы обнаружения атак в сетях специального назначения. Описывается последовательность действий, поясняющая сущность разработанного алгоритма. Делается вывод о том, что разработанный алгоритм устраняет некоторые из недостатков аналогов и обеспечивает повышение живучести системы обнаружения атак.*

**Ключевые слова:** *вычислительная сеть, компьютерная атака, система обнаружения атак, несанкционированный доступ, сетевая разведка.*

### Введение

Защита систем обнаружения атак (СОА) в сетях специального назначения, одна из задач для служб информационной безопасности, работающих на критически важных объектах России. На важность данной темы влияет рост числа компьютерных атак, направленных на нарушение доступности, целостности или конфиденциальности критических инфраструктур. Поэтому, в условиях всё большей зависимости граждан России от внедряемых во все сферы нашей жизни информационных технологий, небезопасное внедрение или управление которыми может повлечь за собой тяжелые последствия, больше внимания должно уделяться защите информации с использованием СОА.

Система обнаружения атак – это система, собирающая информацию из различных точек компьютерных сетей и анализирующая эту информацию для выявления признаков несанкционированной деятельности и попыток нарушений защиты.

СОА обеспечивают контроль функционирования компонентов системы защиты информации (межсетевых экранов, средств идентификации и аутентификации, управления доступом, шифрования, вирусных сканеров и т.п.), являющихся основными объектами

нападения. Нарушение работоспособности отмеченных компонентов защиты может повлечь за собой серьезные нарушения безопасности информации. Контролируя файлы регистрации событий, сгенерированные этими системами, и проводя мониторинг выполняемых в системе действий на наличие несанкционированного доступа, СОА обеспечивают дополнительную защиту компонентов самой системы защиты.

Для классификации систем обнаружения сетевых атак используются следующие первичные классификационные признаки:

- метод обнаружения;
- этап сетевой атаки, на котором происходит ее обнаружение;
- уровень централизации решений в системе о наличии атаки;
- уровень информационной системы, на котором размещаются сенсоры системы обнаружения атак.

Совокупность этих признаков позволяет систематизировать представления практически обо всех известных сегодня системах обнаружения сетевых атак. Классификационная схема, построенная по указанным признакам, приведена на рисунке 1 [2].

### **1. Исследование процесса резервирования СОА**

Компьютерная атака может быть направлена как на информацию, хранящуюся и обрабатываемую в автоматизированной системе, так и на саму систему обнаружения атак.

Для того чтобы выход системы обнаружения атак из строя не оказал критического воздействия на автоматизированную систему необходимо обеспечить непрерывную работу СОА. Для этого необходимо разработать алгоритмы процессов резервирования и аварийного восстановления системы обнаружения атак в сетях специального назначения.

В целях обеспечения выполнения требований, предъявляемых к автоматизированным системам специального назначения, корректная работа алгоритмов процесса резервирования и аварийного восстановления системы обнаружения атак должна быть обусловлена следующими условиями:

- наличие непрерывно работающего сервера;
- способность алгоритма определять причину выхода системы обнаружения атак из строя;
- высокая частота обработки данных;
- автоматизированное сообщение администратору автоматизированной системы о выходе системы обнаружения атак из строя.



*Рис. 1.* Классификация систем обнаружения атак

Для того чтобы обнаружить в контролируемом пространстве (сетевом трафике или журнале регистрации) нарушения политики безопасности, необходимо уметь их идентифицировать и отличать от обычных событий безопасности. В качестве таких признаков атак могут выступать:

- повтор определенных событий;
- неправильные или несоответствующие текущей ситуации команды;
- использование уязвимостей;
- несоответствующие параметры сетевого трафика;
- непредвиденные атрибуты;
- дополнительные знания о нарушениях [2].

Любые средства защиты (межсетевые экраны, серверы аутентификации, системы разграничения доступа и т. п.) используют в своей работе одно или два из указанных условий, в то время как системы обнаружения атак (в зависимости от их реализации) задействуют практически все указанные признаки [3-6].

## **2. Описание алгоритма реализации процесса резервирования и аварийного восстановления СОА**

В любой момент времени в СОА ведется журнал опережающей записи. В журнале описываются все изменения, применяемые к файлам данных системы обнаружения атак. Он необходим в первую очередь для защиты от сбоев. При возникновении сбоя системы, система обнаружения атак будет восстановлена с помощью «проигрывания» всех записей журнала, сделанных с момента последней контрольной точки. При необходимости восстановления СОА, восстанавливается резервная копия, а затем проигрываются записи из сохраненных файлов журнала, для доведения восстановленной системы обнаружения атак до актуального состояния. Применение этого подхода сложное, но у него есть несколько значительных преимуществ:

На начальный момент времени не требуется идеально целостная резервная копия. Все внутренние несоответствия в резервной копии будут исправлены при проигрывании журнала. Таким образом, не требуется наличия возможностей по созданию снимка файловой системы, достаточно инструмента для архивирования.

Так как нет ограничения на длину последовательности файлов журнала опережающей записи для последующего проигрывания, непрерывное резервное копирование может быть достигнуто просто непрерывным архивированием файлов журнала. Это особенно важно для больших СОА, когда отсутствует возможность часто делать полное резервное копирование.

Не является необходимым обязательное проигрывание содержимого журнала до самого конца.

В случае постоянной передачи порции файлов журнала опережающей записи на другую систему, на которой была загружена та же резервная копия СОА, возможно получение системы горячего резерва: в любой момент может быть подключена вторая система, при этом на ней будет ближайшая к текущей версия СОА [2].

Как и в случае резервного копирования на уровне файловой системы, этим методом можно восстановить только весь кластер системы обнаружения атак, но не его подразделы. Таким образом, требуется настроить и проверить процедуру архивирования файлов журнала перед тем, как сделать первую резервную копию СОА. В соответствии с этим, в первую очередь рассматривается архивирование файлов журнала опережающей записи.

В общем случае, работающая система резервирования производит неограниченную по длине последовательность записей в журнал

опережающей записи. Система физически делит эту последовательность на сегментные файлы журнала, которые имеют размер 16 МБ.

При архивировании данных журнала необходимо брать содержимое каждого сегментного файла по мере их заполнения и где-то сохранять эти данные перед тем, как очистить сегментный файл для повторного использования. В зависимости от приложения и доступного оборудования, сохранять эти данные можно несколькими способами:

- Копированием сегментных файлов на подсоединенный через NFS каталог на другой системе.

- Записью их на магнитную ленту (при условии, что существует способ идентификации первоначального имени каждого файла).

- Сбором их вместе и записью на лазерный диск, или куда-либо еще полностью.

Для того, чтобы предоставить администратору максимальную свободу выбора, алгоритм резервирования не делает никаких предположений о том, как именно производится архивирование. Напротив, алгоритм позволяет администратору определить, какую консольную команду следует использовать для копирования заполненного сегмента туда, куда он должен быть скопирован. Команда может быть простой или может вызывать в консоли сложный скрипт.

Для обеспечения этого основной и резервный серверы работают совместно, хотя связь между ними при этом достаточно слабая. Основной сервер работает в режиме непрерывного архивирования, а каждый резервный в режиме непрерывного восстановления, читая файлы с основного. Такая реализация не требует никаких изменений в системе обнаружения атак или таблицах, и потому предполагает меньшие затраты на администрирование по сравнению с некоторыми другими способами репликации.

Непосредственное перемещение записей с одного сервера системы обнаружения атак на другой обычно описывается как передача журнала транзакций. Реализуется передача журнала транзакций на уровне файлов, что означает передачу записей одним файлом (сегментом) за раз. Файлы могут быть легко переданы на любое расстояние будь то соседняя система, система, расположенная в том же месте, или расположенная на большом расстоянии. Требуемая пропускная способность при таком способе зависит от количества исполняемых транзакций в единицу времени на основном сервере. Передача журнала транзакций на уровне записей более детализирована и обеспечивает потоковую передачу изменений по сети.

Передача журнала транзакций носит асинхронный характер, то есть записи передаются только после подтверждения транзакции. Таким

образом, существует временное окно для потери данных в случае сбоя основного сервера, еще не переданные транзакции будут потеряны. Размер такого окна потери данных может быть ограничен и быть уменьшен вплоть до нескольких секунд, если это требуется.

Скорость восстановления достаточно хорошая тогда, когда резервный сервер от полной доступности отделяет небольшое время с момента активации. Резервный сервер может также быть использован для исполнения запросов «только чтения», в этом случае он называется сервером «горячего» резерва.

Обычно разумно создавать основной и резервные серверы максимально возможно похожими, как минимум с точки зрения сервера системы обнаружения атак. Аппаратное обеспечение не обязательно должно быть одинаковым, но опыт показывает, что поддержка двух идентичных систем на протяжении их жизни и функционирования гораздо легче чем различных. В общем случае, передача журнала между отличающимися основной версией серверами невозможна [2].

В режиме резервирования сервер непрерывно применяет журнал транзакций, полученный с основного сервера. Резервный сервер может получать данные из архива или непосредственно с основного сервера через TCP соединение (поточная репликация). Резервный сервер также может пытаться восстановиться с журнала, расположенного в подкаталоге кластера резервного сервера [5]. Это обычно происходит после перезапуска сервера, когда резервный сервер снова выполняет копирование журнала регистрации, полученного с основного перед перезапуском, но существует возможность помещать вручную файлы в любое время для их применения. В процессе запуска резервный сервер начинает восстанавливать весь журнал, доступный в архиве. По достижению конца журнала в архиве он пытается восстановить журнал из каталога. Если это не удалось, и настроена потоковая репликация, резервный сервер пытается установить соединения с основным сервером и запустить потоковую репликацию с последней корректной записи, найденной в архиве. Если это не удалось, или не настроена потоковая репликация, или соединение было завершено, резервный сервер возвращается к первому шагу и снова пытается восстановить файл из архива. Этот цикл по опросу архива и потоковой репликации продолжается до остановки сервера или обнаружения необходимости процедуры восстановления после сбоя с помощью триггерного файла. Режим резервирования завершается, и сервер переключается в нормальный режим функционирования в случае обнаружения триггерного файла. Алгоритм реализации процессов резервирования выглядит в соответствии с рисунком 2.

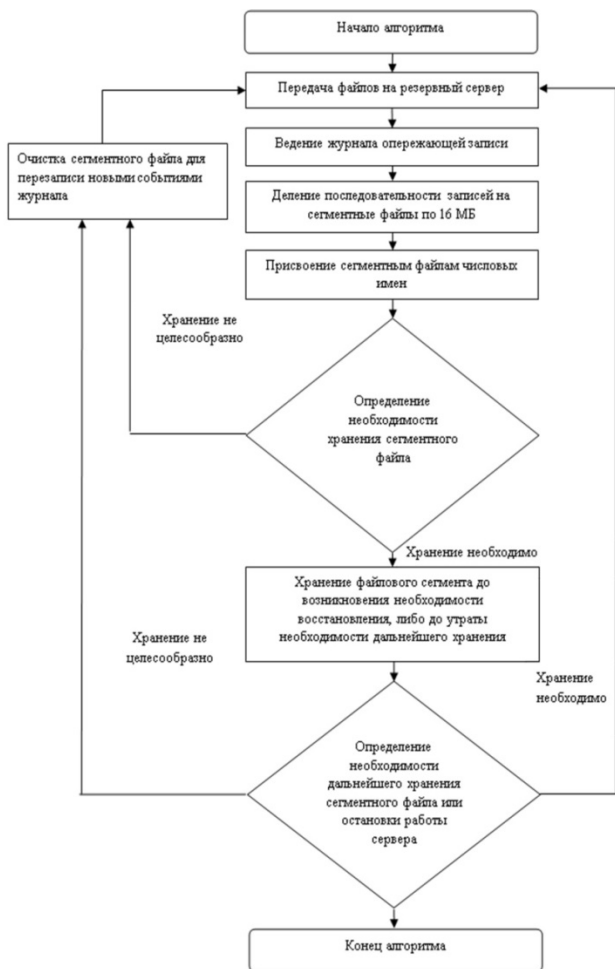


Рис. 2. Алгоритм реализации процесса резервирования СОА

### Заключение

С целью повышения живучести системы обнаружения атак в сетях специального назначения исследована реализация процесса резервирования СОА. В ходе работы разработан эффективный алгоритм, который способен успешно восстановить систему обнаружения атак, случае выхода системы из строя.



### Список литературы

1. Шерстобитов, Р. С. Маскирование интегрированных сетей связи ведомственного назначения / Р. С. Шерстобитов, С. Р. Шарифуллин, Р. В. Максимов // Системы управления, связи и безопасности. – 2018. – № 4. – С. 136–175.
2. Лукацкий, А. В. Обнаружение атак / А. В. Лукацкий. – 2-е изд. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2003. – 596 с.
3. Соколовский, С. П. Концептуализация проблемы проактивной защиты интегрированных информационных систем / С. П. Соколовский, Д. Н. Орехов // Научные чтения имени профессора Н. Е. Жуковского: сб. науч. стат. VIII Междунар. науч. метод. конф. (Краснодар, 20–21 декабря 2017 г.). – Краснодар, 2018. – С. 47–52.
4. Соколовский, С. П. Способы снижения информативности демаскирующих признаков средств проактивной защиты вычислительных сетей / С. П. Соколовский, А. Л. Гаврилов, Д. Н. Орехов // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. – 2018. – № 3. – С. 211–220.
5. Соколовский, С. П. Обоснование задач динамического конфигурирования информационных систем для обеспечения их безопасности / С. П. Соколовский, И. С. Ворончихин // Радиоэлектронная борьба в современном мире: сб. тр. участников I Всерос. научно-методич. конф. "Радиоэлектронная борьба в современном мире" (Воронеж, 1-2 октября 2019 г.). – Воронеж, 2019. – С. 300–304.
6. Соколовский, С. П. Поиск новых технических решений по маскированию структуры вычислительных сетей на основе динамического конфигурирования их параметров / С. П. Соколовский, И. С. Ворончихин, А. Д. Гритчин // Решетневские чтения: сб. тр. участников XXIII Междунар. науч.-практич. конф., посвященной памяти генерального конструктора ракетно-космических систем академика М. Ф. Решетнева "Решетневские чтения" (Красноярск, 11-15 ноября 2019 г.). – Красноярск, 2019. – Ч. 2. – С. 447–448.

# Модель оценки защищенности алгоритмов маршрутизации трафика автоматизированных систем

Т. В. Лебедкина, email: alina010570@mail.ru

Н. Д. Степаненко

Краснодарское высшее военное училище  
имени генерала армии С.М. Штеменко

**Аннотация.** *В статье рассматривается имитационная модель для оценки защищенности алгоритмов маршрутизации трафика в автоматизированных системах. Проанализированы алгоритмы маршрутизации трафика, используемые в автоматизированных системах, исследованы методы оценки защищенности алгоритмов маршрутизации трафика автоматизированных систем.*

**Ключевые слова:** *автоматизированная система, компьютерная атака, уязвимость, имитационное моделирование, защищаемая информация.*

## Введение

При анализе защищенности автоматизированных систем (АС) одним из основных оцениваемых параметров является степень (уровень) уязвимости элементов сети к информационным атакам. В настоящее время для оценки данного параметра используется вероятностный подход, основанный на расчете вероятности уязвимости сетевого оборудования. Недостатком такого подхода является сложность или отсутствие адекватных математических методов расчета данной вероятности для различных сетевых устройств телекоммуникационных технологий и современных информационных атак, наличие неопределенности относительно задаваемых исходных данных. Это приводит к ошибкам при анализе защищенности АС, понижению управляемости сети в аспекте обеспечения информационной безопасности (ИБ).

## 1. Алгоритмы и протоколы маршрутизации трафика автоматизированных систем

В настоящий момент маршрутизация трафика в АС осуществляется с использованием общепринятых алгоритмов маршрутизации, таких как дистанционно-векторный алгоритм, алгоритм маршрутизации состояния канала и алгоритм маршрутизации по вектору состояния.

Основная функция сетевого уровня заключается в выборе маршрута для пакетов от начальной до конечной точки. В большинстве сетей пакетам приходится проходить через несколько маршрутизаторов. Алгоритмы выбора маршрутов и используемые ими структуры данных являются значительной областью при проектировании сетевого уровня. Алгоритм маршрутизации реализуется той частью программного обеспечения сетевого уровня, которая отвечает за выбор выходной линии для отправки пришедшего пакета [1].

Определение маршрута передачи данных происходит программно. Соответствующие программные средства носят названия протоколов маршрутизации. Логика их работы основана на алгоритмах маршрутизации.

Алгоритмы выбора маршрута можно разбить на два основных класса: неадаптивные и адаптивные.

Адаптивные алгоритмы в зависимости от способа вычисления оптимального маршрута можно разделить на следующие:

- дистанционно-векторный алгоритм – в данных алгоритмах маршрутизатор периодически всем своим соседям передает вектор сообщения, где указывает адреса всех известных ему подсетей и расстояние до них, в качестве расстояния используются промежуточные узлы – хопы. Примером протокола, основанного на дистанционно-векторном алгоритме является RIP.

- алгоритмы состояния связи – алгоритм снабжает все маршрутизаторы информацией, необходимой для построения подробного графа связей составной АС [3].

Протоколы маршрутизации:

RIP является протоколом маршрутизации, используемым в сетях протокола IP. Протокол RIP принадлежит к классу так называемых IGP протоколов — Interior Gateway Protocol. Протоколы класса IGP, такие, как RIP или OSPF, используются, как правило, внутри автономных систем.

Протокол маршрутизации OSPF – протокол динамической маршрутизации, основанный на технологии отслеживания состояния канала и использующий для нахождения кратчайшего пути алгоритм Дейкстры.

Протокол междоменной маршрутизации BGP сейчас повсеместно используется для маршрутизации в глобальной сети Интернет. Относится к классу протоколов маршрутизации внешнего шлюза. Протокол BGP предназначен для обмена информацией о достижимости подсетей между автономными системами, то есть группами маршрутизаторов под единым техническим и административным

управлением, использующими протокол внутридоменной маршрутизации для определения маршрутов внутри себя и протокол междоменной маршрутизации для определения маршрутов доставки пакетов в другие автономные системы [4].

Основной уязвимостью статической маршрутизации является преднамеренное или непреднамеренное изменение статических маршрутов на маршрутизаторах. С целью предотвращения данной уязвимости необходимо предпринять следующие меры. Прежде всего нужно реализовать физическую защиту, чтобы пользователи не имели доступа к маршрутизаторам.

Протокол RIP серьезно подвержен атакам прослушивания и модификации трафика. Основными угрозами, типичными для протокола маршрутизации RIP, являются [4]:

- ложные маршруты;
- понижение версии протокола RIP;
- взлом хэша MD 5.

Маршрутизаторы, работающие на протоколе RIP «слушают» трафик на порте 520. Таким образом, любой пакет соответствующего формата будет принят и обработан маршрутизатором. В случае если аутентификация RIP не используется (применение RIP версии 1) или пароль пуст, злоумышленник сможет передать данному маршрутизатору неверные данные о маршрутах, перенаправив таким образом сетевой трафик через подконтрольные злоумышленнику узлы.

Для проведения компьютерной атаки злоумышленник, может использовать специализированные пакетные анализаторы, позволяющие перехватывать и анализировать именно обновления таблиц маршрутов. Типичная схема осуществления атаки представлена на рис. 1.

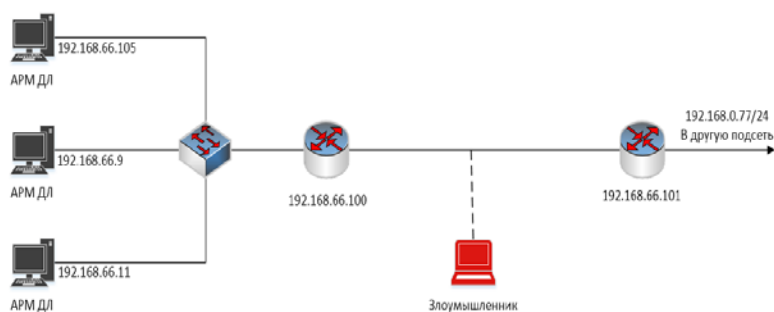


Рис. 1. Атака на протокол RIP

## **2. Методы оценки защищенности алгоритмов маршрутизации**

Методы оценки защищенности алгоритмов маршрутизации в зависимости от характера показателей классифицируются следующим образом [1]:

- методы качественной оценки;
- методы количественной оценки;
- комплексные показатели.

К методам качественной оценки относятся методы, определенные в Руководящем документе Безопасность информационных технологий. Критерии оценки безопасности информационных технологий введенный в действие Приказом Гостехкомиссии России от 19.06.02 г. № 187. Недостатком данного метода является субъективное восприятие экспертом, проводящего оценку защищенности АС.

К методам количественной оценки относятся следующие методы: метод экспертных оценок; метод информационных потоков; метод весовых коэффициентов.

К комплексным показателям относят метод оценки CVSS (Common Vulnerability Scoring System). Данный стандарт входит в состав международного стандарта SCAP (Security Content Automation Protocol). Это протокол автоматизации управления данными безопасности – набор открытых стандартов, определяющих технические спецификации для представления данных по состоянию безопасности.

Необходимо ввести понятие рейтинга информационной безопасности сетевого оборудования. Рейтинг ИБ – это величина, которая показывает, насколько безопасна передача трафика через определенное сетевое оборудование (маршрутизатор, коммутатор) с учетом заданной конфигурации сети и настроек самого устройства. Под информационной безопасностью в данном случае подразумевается обеспечение конфиденциальности, доступности и целостности информации, передаваемой по сети [2].

Как видно из определения Рейтинга ИБ при его расчете должны учитываться следующие исходные данные:

- текущая или планируемая конфигурация сети.
- текущие или планируемые настройки сетевых устройств.

Анализ конфигурации сети позволяет учесть особенности структуры телекоммуникационной сети:

- расположение сетевых устройств;
- типы сетевых устройств;
- технологии передачи данных;
- логическое расположение интерфейсов (какие из интерфейсов соединяются с внешней сетью, а какие с внутренней) [4, 5].

Определение настроек сетевых устройств осуществляется путем автоматизированного анализа конфигурационных файлов устройства на соответствие определенным критериям: включены ли определенные политики безопасности, верно ли задана адресация, корректность настройки сетевых протоколов и т.п.

### 3. Структура, основное содержание и принципы функционирования имитационной модели оценки защищенности алгоритмов маршрутизации трафика в АС

Для оценки защищенности алгоритмов маршрутизации трафика в АС была разработана имитационная модель, представленная на рис. 2.

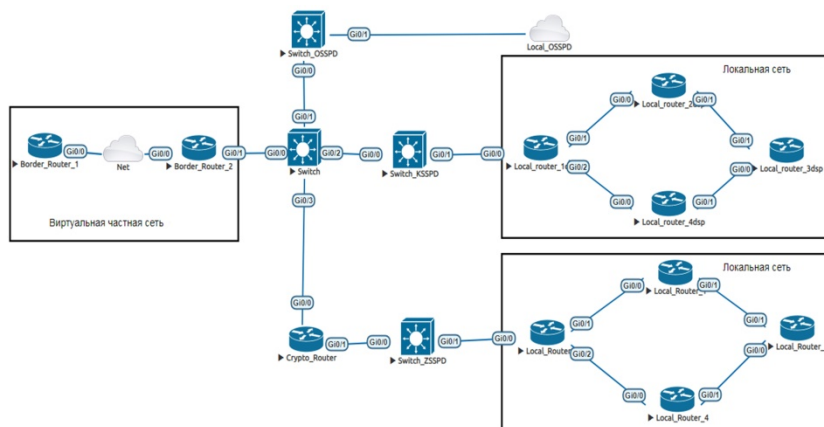


Рис. 2. Схема имитационной модели

Тестируемая часть имитационной модели состоит из виртуальных образов маршрутизаторов Cisco. Выбор данного виртуального образа обоснован аналогичностью логики функционирования маршрутизаторов Juniper MX 5000, Naters RT-3806 и других моделей, а также возможностью настройки протоколов маршрутизации BGP, RIP, OSPF.

Управляющая часть модели представляет собой виртуальную машину под управлением ОС Kali Linux 2017.1 с установленным и настроенным программным обеспечением, включающим; Nmap 7.25 [3]; Scapy 2.4.2.

Проводимые эксперименты заключаются в сравнении оценки защищенности алгоритмов маршрутизации трафика путем практического проведения КА на алгоритмы маршрутизации при осуществлении базовой настройки маршрутизаторов и теоретической

оценки опасности данных КА, а затем практического проведения тех же КА на алгоритмы маршрутизации при осуществлении настройки маршрутизаторов со встроенными механизмами защиты и оценки опасности КА.

Разработанная имитационная модель подразделяется на три:

- применение в локальной сети имитационной модели АС протокола RIP;
- применение в локальной сети имитационной модели АС протокола OSPF;
- применение в локальной сети имитационной модели АС протокола IS-IS.

В трех имитационных моделях пограничные маршрутизаторы (`border_router_1` и `border_router_2`), применяют протокол BGP.

Сетевое оборудование, используемое в имитационной модели, настроено в зависимости от применяемых протоколов.

Практический анализ защищенности алгоритмов маршрутизации трафика заключается в проведении КА на протоколы маршрутизации, реализуемые в АС. Он будет осуществляться с использованием ОС Kali-Linux и установленной на нее утилиты Scapy. Scapy — сетевая утилита, написанная на языке Python, которая позволяет посылать, просматривать и анализировать сетевые пакеты. С помощью Scapy легко осуществлять такие процедуры, как: сканирование, трассировку маршрута, проверку хоста (probing), юнит-тестирование каких-либо сетевых функций, исследование сети и различные виды атак.

В данном случае рассмотрена атака перенаправления трафика. Данная атака заключается в следующем:

- формирование пакета с ложной информацией LSA.
- отправка данного пакета в атакуемую сеть.

После того, как проведена КА, необходимо осуществить расчет оценки опасности КА с учетом особенностей ее проведения, а также степени причиняемого ущерба, и необходимо осуществить настройку встроенных механизмов защиты протоколов маршрутизации.

Соответственно применены следующие механизмы:

- протокол RIP: применение криптографической аутентификации по алгоритму криптографического хеширования SHA; применение фильтров маршрутов; использование вместо RIP v1 RIP v2.
- протокол OSPF: применение криптографической аутентификации по алгоритму криптографического хеширования SHA; применение фильтров пакетов LSA, а также фильтров маршрутов.
- протокол BGP: применение криптографической аутентификации по алгоритму криптографического хеширования SHA.

Настроив механизмы защиты, необходимо повторно осуществить КА. Алгоритм проведения КА и используемое ПО осталось неизменным. При проведении КА на протокол OSPF было получено, что механизм аутентификации не позволил злоумышленнику поменять таблицу маршрутизации.

После проведения КА осуществлена теоретическая оценка ее опасности до настройки механизмов защиты и после их настройки [2].

### **Заключение**

Для оценки защищенности алгоритмов маршрутизации трафика АС была разработана имитационная модель, в которой были проведены КА на протоколы маршрутизации в локальной сети, а также осуществлена оценка защищенности алгоритмов маршрутизации, до и после применения встроенных механизмов защиты протоколов маршрутизации. Разработанная имитационная модель, за счет виртуального моделирования АС, в частности настройки протоколов маршрутизации на сетевом оборудовании, позволяет осуществить анализ защищенности АС, без наличия сетевого оборудования в максимально короткое время.

### **Список литературы**

1. Бирюков, А. А. Информационная безопасность: защита и нападение. / А. А. Бирюков ; М. : ДМК Пресс, 2007. – 434 с.
2. Полянский, Д. А. Оценка защищенности : учебное пособие / Д. А. Полянский ; Владимирский. государственный университет. – Владимир : Издательство Владимирского государственного университета, 2005. – 80 с.
3. Карамышев, В. И. Анализ уязвимостей протоколов маршрутизации / В. И. Карамышев // Сборник научных статей XX военно-научной конференции курсантов и операторов научной роты КВВУ. – Краснодар, 2017. – С 223-227.
4. Шерстобитов, Р. С. Маскирование интегрированных сетей связи ведомственного назначения / Р. С. Шерстобитов, С. Р. Шарифуллин, Р. В. Максимов // Системы управления, связи и безопасности. – 2018. – № 4. – С. 136–175.
5. Соколовский, С. П. Концептуализация проблемы проактивной защиты интегрированных информационных систем / С. П. Соколовский, Д. Н. Орехов // Научные чтения имени профессора Н. Е. Жуковского: сб. научн. стат. VIII Междунар. науч. метод. конф. (Краснодар, 20–21 декабря 2017 г.). – Краснодар, 2018. – С. 47–52.



# Сравнение алгоритмов Machine Learning в решении задач распознавания изображений

В. Д. Лука, email: lucavd120201@gmail.com

Санкт-Петербургский государственный экономический университет

**Аннотация.** В данной работе сравниваются четыре алгоритма Machine Learning в решении задач распознавания черно-белых изображений цифр с использованием уменьшения количества признаков в наборе данных и без.

**Ключевые слова:** Machine Learning, задачи классификации, Decision Tree, Logistic Regression, SVC, KNN, tSNE, PCA, распознавание рукописных чисел.

## Введение

**Машинное обучение** – это раздел науки об искусственном интеллекте, который изучает способы решения задач путем поиска закономерностей в наборе исходных данных при помощи алгоритмов и моделей, построенных на вычислительных и статистических методах. Главной особенностью данного подхода к решению прикладных задач является отсутствие явной итоговой инструкции, выполняемой разработанной математической моделью. Кроме того, необходимость применения такой формы искусственного интеллекта возникает преимущественно при обработке ресурсами компьютера больших массивов данных, с которыми не может эффективно справляться исследователь с более простыми аналитическими инструментами.

Таким образом, использование алгоритмов Машинного обучения, как инструментов в решении прикладной задачи, предполагает наличие 3 основных компонентов: *компьютерная среда*, организующая и реализующая весь процесс, *исходный набор данных* значительного объема, *математическая модель*, выполняющая поиск закономерностей в данных с помощью вычислительных и статистических методов для вывода требуемого результата, а также преобладание *принципа черного ящика* во время применения модели.

Благодаря алгоритмам Машинного обучения крупные компании, накопившие, сохраняющие и продолжающие сбор большого массива данных, способны извлекать из них пользу, оптимизируя собственные бизнес-процессы, внедряя умные модели и решая сложные задачи. Важно отметить, что сфера применения Машинного обучения

разнообразна и широка. Бизнес может совершенствовать процессы производства товаров, предоставления финансовых услуг, розничной торговли, здравоохранения, маркетинга и рекламы. Кроме того, описываемая область искусственного интеллекта применима и в государственном управлении.

Алгоритмы Машинного обучения в информационном пространстве обычно делят на две стандартные группы относительно способа обучения модели и требуемого результата:

- Машинное обучение с учителем
- Машинное обучение без учителя

Первая группа алгоритмов используется в задачах, при которых имеется набор данных, состоящий из определенного числа признаков и конечных результатов, относящихся к данным признакам. Целью в данной ситуации является оценка корреляции признаков и соответствующих результатов и построение математической модели, понимающей закономерности в данных, для последующего распознавания нового набора признаков, у которых не определена конечная категория или значение. Для оценки корректности прогнозных значений применяются различные метрики, сопоставляющие их с истинными результатами, что, например, можно делать через среднюю ошибку. Классическими типами задач, которые решаются данной группой алгоритмов являются задачи регрессии, прогнозирования, классификации и ранжирования.

Вторая группа алгоритмов применяется в задачах, условия которых предполагаются исключительно наличие входных признаков. То есть целью в данной ситуации будет определение значимых связей внутри исходного набора данных. Данный случай также предполагает поиск закономерности, однако уже в зависимостях между объектами. В такой задаче нет возможности предварительно однозначно определить ответы модели, поэтому исследователь опирается в конечном принятии решения только на специфику и ожидаемые результаты конкретной задачи, из-за чего точность прогноза становится относительной. Данные алгоритмы используются в задачах кластеризации, уменьшения размерности набора данных, что применимо для компьютерного зрения, фильтрации выбросов и обнаружения аномалий, заполнении пропущенных значений, поиска ассоциативных правил, например для определения значения слов в тексте или потенциально нужного товара клиенту.

Стоит отметить, что в случае обучения с учителем, как становится понятно, исследователю требуется набор данных с уже готовыми результатами, что часто становится невозможно из-за размера заранее

неразмеченных объектов, однако данной проблемы нет в обучении без учителя, что является некой компенсацией за невозможность делать объективно точный прогноз.

Кроме того, существуют и другие популярные группы алгоритмов Машинного обучения, которыми являются, например, обучение с подкреплением и нейронные сети, однако в данной статье они не будут использоваться на практике.

### 1. Постановка цели и задач

**Цель исследования.** Автор в рамках этой статьи пытается экспериментальным путем сравнить модели для классификации черно-белых изображений среди 4 выбранных алгоритмов Машинного обучения, с использованием понижения числа используемых признаков и нет.

**Задачи.** Для того, чтобы выполнить поставленную цель автор ставит следующие задачи.

1. Последовательно выполнить настройку гиперпараметров обучаемых моделей на наборе данных изображений цифр от нуля до девяти и сформировать таблицу результатов работы каждого алгоритма и произвести сравнение.

2. Для каждой модели произвести уменьшение количества признаков и подвести итоги для набора данных изображений чисел.

3. Сформулировать общий вывод по проделанной работе о сравнении моделей для классификации черно-белых изображений.

**Используемые метрики.** Оценка точности моделей будет происходить с трех сторон. Во-первых, с помощью accuracy будет рассчитана доля верных предсказаний относительно количества изображений в наборе. Во-вторых, применяя precision будет получена доля верных предсказаний относительно суммы истинно верных и ошибочно предсказанных правильными для каждого класса в выборке. В-третьих, с помощью recall будет рассчитана доля верных предсказаний относительно суммы истинно верных и пропущенных правильных для каждой группы картинок в наборе данных. Также будут зафиксированы такие параметры, как количество используемых признаков и время обучения модели.

**Используемые алгоритмы.** Логистическая регрессия (Logistic Regression), машина опорных векторов (SVC вид Support Vector Machine), метод ближайших соседей (K-nearest neighbors, KNN) дерево решений (Random Forest Classifier, RFC), метод главных компонент (Principal Component Analysis, PCA), стохастическое вложение соседей с t-распределением (t-distributed Stochastic Neighbor Embedding, t-SNE).

## 2. Сравнение результатов предсказания моделей до уменьшения размерности данных

Рассмотрим особенности набора данных с изображениями цифр. С одной стороны, он состоит из 1797 объектов, которые образуют десять групп рисунков цифр от нуля до девяти в среднем по 160 штук. То есть классы являются сбалансированными и явного преобладания одного над другим не наблюдается. С другой стороны, каждый объект состоит из 64 числовых признаков, отвечающих за степень темноты данного пикселя в итоговом изображении. Совокупность признаков образует рисунок размером восемь на восемь пикселей. Для каждого объекта определено его значение в виде цифры.

Для тренировки моделей была выбрана среда Python. Исходный набор данных был разделен методом `train_test_split` на тренировочную выборку и тестовую в соотношении 1 к 4, то есть тестовая часть составила 20% от всех данных. Далее автор последовательно подбирал оптимальные гиперпараметры для каждой модели.

Для KNN подбиралось эффективное для предсказания число соседей от 2 до 10 и выбирался способ расчета расстояния между ними между 'minkowski' и 'manhattan'. Оптимальными оказались гиперпараметры 'minkowski' и число соседей равное трем.

Для Логистической Регрессии изменялись максимальное число итераций в диапазоне от 5 до 51 с шагом 5 и обратная сила регуляризации (параметр C) среди коэффициентов 0.005, 0.025, 0.035 и 0.050. Лучшими оказались C равное 0.005 и макс. число итераций равное 30.

Для Древа Решений подбирались параметры 'max\_depth' в диапазоне от 3 до 21 и 'min\_samples\_split' в диапазоне от 2 до 7, из которых были выбраны для максимальной глубины – 11 и минимальному числу объектов для разделения – 4.

Для SVC определялись параметры C среди 5, 10, 15, 20, 25 и 30, а также гамма среди 0.0001, 0.0005, 0.001, 0.005, 0.01, 0.1. В результате оптимальными оказались C равное 10 и Гамма равная 0.0005.

Затем был выполнен итоговый тест для каждой натренированной модели и зафиксированы результаты измерений по заявленным метрикам. Таким образом, часть из метрик была сформулирована в виде таблицы ниже, где P – это precision, а R – это recall, которая далее будет описана.

Таблица 1

*Сравнение точности прогноза моделей до уменьшения  
размерности данных*

Цифра	KNN		LR		DT		SVM	
	<i>P</i>	<i>R</i>	<i>P</i>	<i>R</i>	<i>P</i>	<i>R</i>	<i>P</i>	<i>R</i>
0	1	1	1	1	0,94	0,88	1	1
1	0,97	1	0,96	0,96	0,85	0,79	1	1
2	1	1	0,94	1	0,81	0,76	1	1
3	0,97	1	1	0,97	0,77	0,88	1	0,97
4	0,98	1	1	0,98	0,77	0,89	1	1
5	0,98	0,98	0,91	0,91	0,88	0,91	0,98	0,98
6	0,97	1	0,97	0,97	0,94	0,94	0,97	1
7	1	0,97	1	0,97	0,88	0,85	0,97	0,97
8	1	0,97	0,97	0,97	0,84	0,7	1	1
9	0,97	0,93	0,93	0,95	0,87	0,82	0,97	0,97

По данной таблице видно, что все модели, кроме Древа Решений отлично справились с задачей классификации, даже не прибегая к уменьшению количества признаков, о чем говорит число единиц. Кроме того, попарно сравнивая метрики у каждой модели можно установить, что для KNN в рамках данной задачи характерна лучшая точность по recall, для Logistic Regression – это precision, для Decision Tree– это также precision, а для SVM количество случаев, где преобладал recall или precision, одинаково. Из чего можно предположить, что модели Машинного обучения в задачах распознавания изображений без использования уменьшения размерности склонны к лучшему прогнозированию каждого класса понемногу, чем нескольких особо отличительных.

Далее набор данных был исследован алгоритмами PCA и tSNE на лучший способ уменьшения размерности. Для этого каждым из них автор понижал количество признаков объектов и сравнивал визуализации полученных результатов в 2D и 3D. Оказалось, что оптимальным числом размерности пространства параметров является два, о чем свидетельствует изображения на рис. 1 и рис. 2.

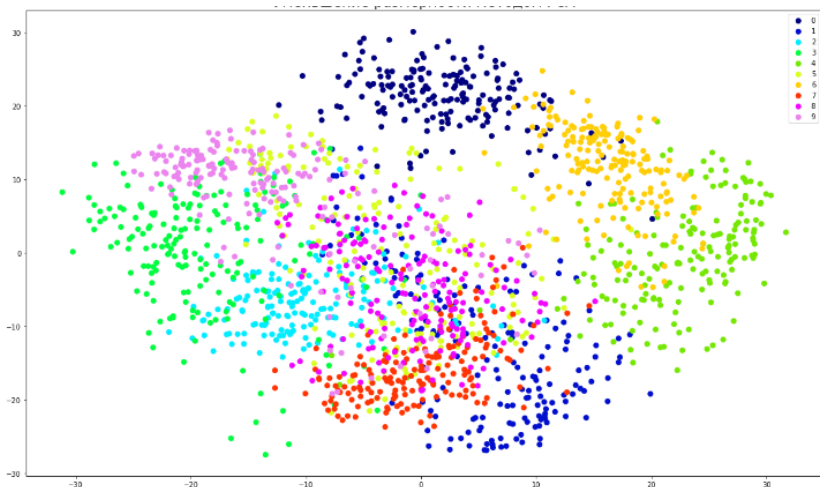


Рис. 1. Уменьшение размерности методом PCA

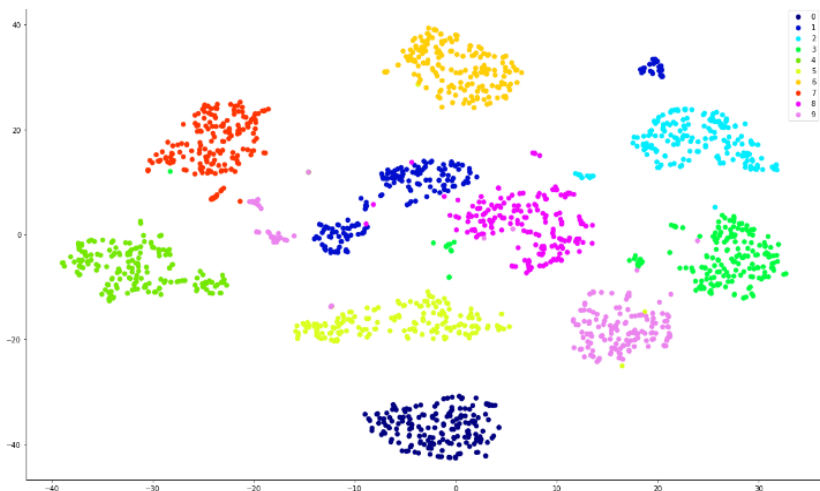


Рис. 2. Уменьшение размерности методом t-SNE

Также видно, что нелинейный tSNE значительно удачнее разбил цифры на кучки, чем его линейный конкурент PCA, поэтому он и был использован далее для создания данных для обучения новых моделей.

По предыдущим данным о выборе оптимальных гиперпараметров для модели KNN оказалось, что число соседей теперь лучше выбирать 2.

Для Логистической Регрессии диапазон выбора оптимального максимальной числа итераций остался прежним и лучшим значением стало 45, а вот коэффициент C уже выбирался среди 0.001, 0.002, 0.004, 0.005 и первый вариант был наиболее эффективным.

Для Древа Решений в тех же диапазонах поиска лучших гиперпараметров глубина была выбрана равной девяти, а число разделений понизилось до двух.

Для SVC определялись параметры C среди 0.05, 0.1, 0.2, 0.4, а также гамма среди 0.025, 0.05, 0.2, 0.4. В результате оптимальными оказались C равное 0.2 и Гамма равная 0.05. Новые результаты по recall и precision отражены в таблице ниже.

Таблица 2

*Сравнение точности прогноза моделей после уменьшения размерности данных*

Цифра	KNN		LR		DT		SVM	
	P	R	P	R	P	R	P	R
0	1	1	1	1	1	1	1	1
1	0,97	1	0,77	0,82	0,97	1	0,97	1
2	1	1	0,87	1	1	1	1	1
3	0,97	1	0,92	1	1	1	0,97	1
4	0,98	1	0,96	1	0,98	1	0,98	1
5	0,96	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
6	0,97	1	0,97	1	0,97	1	0,97	1
7	1	0,97	0,92	1	1	0,97	1	0,97
8	1	0,97	1	0,77	1	0,97	1	0,97
9	0,97	0,9	0,97	0,75	0,97	0,95	0,97	0,93

По новым данным видно, что существенных потерь точности для алгоритмов в прогнозе цифры нет, и можно даже заметить, как резко выросла точность для Древа Решений, опираясь на количество единиц. Кроме того, стоит отметить и смещение роли доминирующей метрики в сторону recall, что означает более резкое разделение данных. То есть некоторые цифры теперь точно можно определить и модели не отдадут предпочтение каждому классу понемногу, из-за чего общая точность либо выросла, как у Древа Решений, либо незначительно снизилась. Это кажется логичным, учитывая, что автор уменьшил размерность признаков с 64 до 2. То есть новые параметры объектов позволяют их

резче отделять друг от друга, игнорируя выбросы, что с одной стороны эффективно, когда нет очень похожих друг на друга классов, и наоборот, как в случае с изображением девятки и тройки.

Теперь рассмотрим сравнение общих зафиксированных параметров по моделям до уменьшения размерности и после, что отражено в таблице ниже.

Таблица 3

*Сравнение показателей обучения и тестирования по моделям с использованием уменьшения размерности и без*

Этап	Модель	Accuracy	Акцент	Время обуч.	Кол-во признаков.
Без уменьшения размерности	KNN	0.98	recall	0.00226s	64
	LR	0.97	precision	0.09673s	64
	DT	0.85	precision	0.01833s	64
	SVM	0.99	нет	0.04998s	64
С уменьшением размерности	KNN	0.98	recall	0.00103s	2
	LR	0.94	recall	0.06083s	2
	DT	0.99	нет	0.00304s	2
	SVM	0.98	recall	0.06315s	2

Опираясь на полученные данные, можно сделать следующие выводы. Уменьшение размерности позволило сократить число признаков с 64 до 2 и существенно ускорить процесс обучения для трех из четырех моделей без ощутимой потери точности. В случае, когда размерность входных данных составляет два, все модели отлично справились с распознаванием изображений, однако в случае с SVC и KNN, данный тренд сохраняется и для 64 признаков, хотя и с потерей времени обучения у модели на методе ближайших соседей. Стоит также сказать, что SVC оказался самым эффективным и сбалансированным по всем метрикам для данного типа задач.

### **Заключение**

В качестве общих рекомендаций по выбору модели для классификации черно-белых изображений можно заключить следующее. Если исследователь хочет быстро провести процесс выбора оптимальной по гиперпараметрам модели ему стоит попробовать алгоритмы KNN и DT причем скорость будет увеличена, если количество признаков будет снижено. Также стоит помнить, что Логистическая Регрессия требует сравнительно много времени для обучения, что может затянуть выбор оптимальных гиперпараметров



Если исследователь по условиям задачи может пренебречь точность распознавания некоторых классов, то он может использовать алгоритмы по уменьшению размерности исходных данных, тем самым увеличив резкость разделения классов между собой, что позволит модели точнее определять особо отличительные группы объекты. Также исследователь должен помнить, что уменьшение количества признаков исходного набора данных может как увеличить точность распознавания, так и понизить ее в зависимости от алгоритма и степени уменьшения размерности. Кроме того, можно отметить, что алгоритмы Логистической регрессии и Древа Решений более размыто делят схожие объектов между собой, в то время как модели, использующие метод ближайших соседей, наоборот делает это резче. Более того, исследователь обязательно должен попробовать SVC для получения максимально сбалансированного результата в части точности и времени обучения.

### Список литературы

1. Галиахметов, Д. Г. Сравнение алгоритмов классификации применительно к задаче обнаружения вредоносных доменных имен / Д. Г. Галиахметов // Математические методы в технике и технологиях - ММТТ. – 2019. – Т. 12-1. – С. 190-194.
2. Сравнение методов классификации русскоязычных новостных текстов с использованием алгоритмов машинного обучения / Э. А. Чельшев [и др.] // Вестник кибернетики. – 2022. – № 1(45). – С. 63-71.
3. Агапитов, Д. В. Сравнение эффективности алгоритмов традиционного машинного обучения и нейронных сетей в задаче классификации / Д. В. Агапитов, Я. А. Колташев, К. И. Брагин // Научный альманах Центрального Черноземья. – 2022. – № 1-1. – С. 5-14.
4. Документация. sklearn SVC. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.svm.SVC.html>
5. Документация. sklearn KNN [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://scikitlearn.org/stable/modules/generated/sklearn.neighbors.KNeighborsClassifier.html>
6. Документация. sklearn.tree.DecisionTreeClassifier [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://scikitlearn.org/stable/modules/generated/sklearn.tree.DecisionTreeClassifier.html>
7. Статья о Машинном обучении на Amazon [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://aws.amazon.com/ru/what-is/machine-learning/>
8. Статья о Машинном обучении на BigDataSchool [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.bigdataschool.ru/wiki/machine-learning>

9. Статья о метриках Машинного обучения на Pythonru.com [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pythonru.com/baza-znaniy/metriki-accurasy-precision-i-recall>

## Оценка эргодичности и робастности процесса функционирования сетевых устройств, имеющих множественную адресацию

А. А. Москвин, e-mail: tema.kg9012@gmail.com  
М. С. Бадякин, С. С. Каверин

Краснодарское высшее военное орденов Жукова и Октябрьской Революции Краснознаменное училище имени генерала армии С.М. Штеменко

**Аннотация.** Традиционно используемые в качестве протоколов транспортного уровня TCP/UDP имеют известные уязвимости и ограничения, которые снижают эффективность маскирования сети передачи данных. Данные ограничения снимаются при применении протокола транспортного уровня SCTP, способного создавать многоадресные сетевые соединения. В статье приведена оценка эргодичности и робастности моделируемого процесса функционирования сетевых устройств, имеющих множественную адресацию.

**Ключевые слова:** проактивная защита, сеть передачи данных, многоадресность, компьютерная атака, сетевые соединения, транспортные протоколы, сетевая разведка.

### Введение

На фоне внешнеполитической деятельности нашей страны специалистами в области информационной безопасности в 2022 году отмечено беспрецедентное увеличение количества компьютерных атак. Так, согласно исследованиям, продолжительность атак выросло с 12 минут (феврале - март 2021 года) до 30 часа в нынешний период. До 35% жертв этих атак - финансовые организации, еще 33% - органы власти.

При этом отмечено, что основу таких атак составили нападения активистов, выражающих свой социальный протест посредством организации кибератак, а в качестве средств координации для выбора цели атаки, методов и сроков нападения они обычно используют обычные мессенджеры. Например, для совершения DDOS-атак, злоумышленнику необходимо всего лишь скачать инструкцию с telegram-канала, внести необходимые сведения (IP-адрес, порт взаимодействия, URL), и начать атаку.

Таким образом, несмотря на применяемые средства защиты информации, не исключена реализация следующих угроз безопасности информации:

- угроза использования слабостей протоколов сетевого/локального обмена данными;
- угроза приведения системы в состояние «отказ в обслуживании».

В качестве мер, направленных на снижения реализации вышеуказанных угрозы, нормативно-правовыми актами в области информационной безопасности, предусмотрено:

- управление сетевыми соединениями;
- перевод информационной системы в безопасное состояние.

Реализация указанных мер возможна за счет выполнения мероприятий по маскированию сети передачи данных (далее – СПД) [1-11], выраженных в снижении информативности информационных направлений, имитации (навязывании) ложной информации о структуре СПД, динамическом изменении структурно-функциональных характеристик СПД.

Однако эффективная реализация указанных мер ограничивается тем, что традиционно используемые в качестве протоколов передачи данных TCP/UDP имеют известные уязвимости [12], которые зачастую использует злоумышленник для осуществления компьютерных атак, а перевод СПД в безопасное состояние и вовсе приводит к разрыву сетевых соединений.

Данные ограничения снимаются при применении протокола транспортного уровня SCTP, функциональные возможности которого рассмотрены в статье [13].

### **Оценка эргодичности и робастности**

Моделируемый процесс функционирования сетевых устройств, имеющих множественную адресацию (далее - процесс функционирования системы S), может быть представлен в виде размеченного графа его состояний (Рис. 1), где переход из состояния в состояние (описание состояний представлено в таблице) осуществляется при появлении соответствующих служебных пакетов с интенсивностью  $\lambda$ .

Моделируемый процесс функционирования системы S рассматривается как марковский случайный процесс с соблюдением свойств простейшего потока событий.

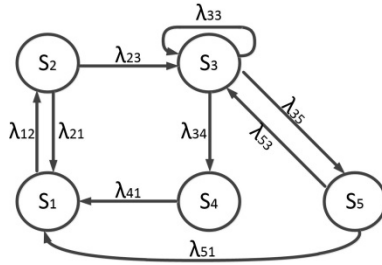


Рис. 1. Граф состояний системы S

Таблица

*Дискретные состояния сетевых устройств*

Состояния	Описание состояния
S1	ожидание получения служебного пакета INIT
S2	ожидание получения служебного пакета DATA
S3	ожидание получения служебного пакета HEARTBEAT/SHUTDOWN
S4	ожидание получения служебного пакета SHUTDOWN COMPLETE
S5	ожидание получения служебного пакета HEARTBEAT ACK

Марковский случайный процесс с конечным числом состояний имеет стационарный режим, если он обладает эргодическим свойством. Случайный процесс обладает эргодическим свойством, если:

граф состояний не должен иметь ни одного состояния без входных и выходных потоков событий;

все потоки событий, переводящие систему из состояния в состояние, должны быть простейшими (с постоянными интенсивностями).

Оценить эргодичность процесса возможно аналитически. Для этого необходимо, чтобы собственные значения матрицы A1 интенсивности появления служебных пакетов принимали отрицательные значения.

Для того, чтобы найти собственные значения матрицы A1, необходимо, найти определитель матрицы:

$$|A_1 - xE| = \begin{vmatrix} a_{11} - x & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} - x & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} - x \end{vmatrix} = a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + \dots + a_1 x + a_0$$

Таким образом, собственные значения матрицы  $A_1$  являются корнями характеристического уравнения (1).

Результат расчетов собственных значений матрицы интенсивности  $A_1$  при варьируемых значениях  $\lambda_{12}$  и  $\lambda_{35}$  представлен на рис. 2.

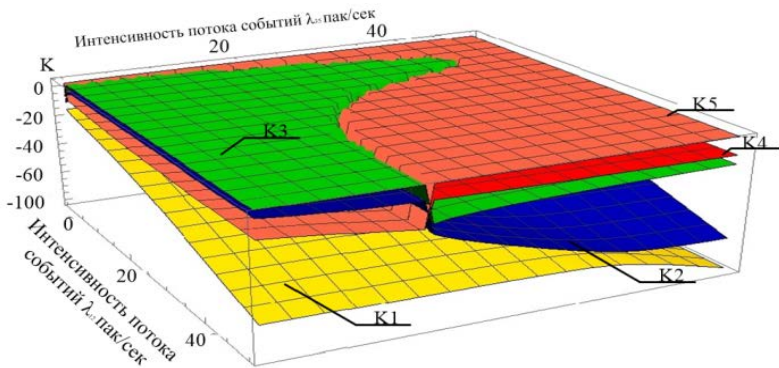


Рис. 2. Собственные значения матрицы интенсивности  $A_1$

Робастность определяет устойчивость выходных параметров к погрешности исходных данных и выражается через число обусловленностей матрицы интенсивности  $A_1$ :

$$\text{cond}(A_1) = \|A_1\| \cdot \|A_1^{-1}\| \quad (2)$$

где  $\|A_1\|$  - Евклидова норма матрицы интенсивности  $A_1$ , которая вычисляется по формуле:

$$\|A_1\| = \sqrt{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (a_{ij})^2} \quad (3)$$

Интерпретация интервалов значений числа обусловленности:

$1 \leq \text{cond}(A_1) \leq 100$  – модель робастная (устойчивая);

$100 \leq \text{cond}(A_1) \leq 1000$  – модель слабо робастная (слабоустойчивая);

$\text{cond}(A_1) \geq 1000$  – модель неробастная (неустойчивая) система.

Результат расчета числа обусловленности при варьируемых значениях  $\lambda_{12}$  и  $\lambda_{35}$  представлен на рис. 3.

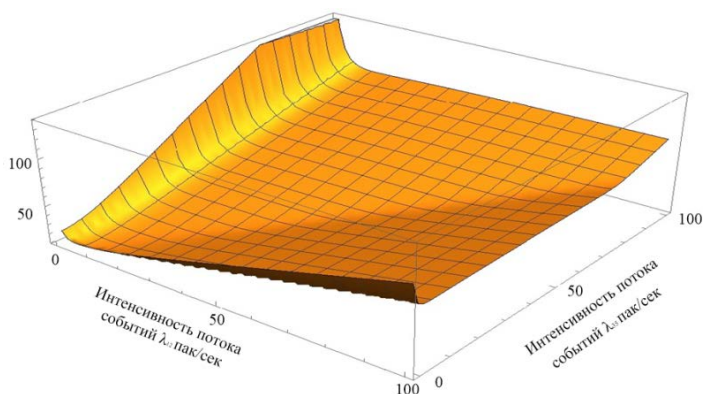


Рис. 3. Число обусловленности

### Заключение

Оценка робастности процесса функционирования системы  $S$  позволяет сделать выводы об адекватности модели, разрабатываемой для исследования процесса функционирования сетевых устройств, имеющих множественную адресацию.

Оценка эргодичности позволяет сделать выводы о наличии стационарного режима для процесса функционирования сетевых устройств, имеющих множественную адресацию, что, в свою очередь, дает возможность найти вероятностно-временные характеристики исследуемого процесса.

### Список литературы

1. Maximov, R. V. Model of client-server information system functioning in the conditions of network reconnaissance / R. V. Maximov, S. P. Sokolovsky, A. P. Telenga // CEUR Workshop Proceedings. – 2020. – № 2603. – С. 44-51.
2. Maximov, R. V. Methodology for substantiating the characteristics of false network traffic to simulate information systems / R. V. Maximov, S. P. Sokolovsky, A. P. Telenga // Selected Papers of the XI Anniversary International Scientific and Technical Conference on Secure Information Technologies. – Moscow, 2021. – С. 115-124.
3. Maximov, R. V. Honeypots network traffic parameters modeling / R. V. Maximov, S. P. Sokolovsky, A. P. Telenga // Selected Papers of the XI Anniversary International Scientific and Technical Conference on Secure Information Technologies. – Moscow, 2021. – С. 229-239.
4. Максимов, Р. В. Модель и методика маскирования адресации корреспондентов в киберпространстве / Р. В. Максимов, В. В. Кучуров,

Р. С. Шерстобитов // Вопросы кибербезопасности. – 2020. – № 6 (40). – С. 2-13.

5. Максимов, Р. В. Алгоритм и технические решения динамического конфигурирования клиент-серверных вычислительных сетей / Р. В. Максимов, С. П. Соколовский, И. С. Ворончихин // Информатика и автоматизация. – 2020. – № 5. – С. 1018-1049.

6. Маскирование структуры распределенных информационных систем в киберпространстве / И. С. Ворончихин [и др.] // Вопросы кибербезопасности. – 2019. – № 6 (34). – С. 92-101.

7. Максимов, Р. В. Модель и алгоритм функционирования клиент-серверной информационной системы в условиях сетевой разведки / Р. В. Максимов, Д. Н. Орехов, С. П. Соколовский // Системы управления, связи и безопасности. – 2019. – № 4. – С. 50-99.

8. Шерстобитов, Р. С. Маскирование интегрированных сетей связи ведомственного назначения / Р. С. Шерстобитов, С. Р. Шарифуллин, Р. В. Максимов // Системы управления, связи и безопасности. – 2018. – № 4. – С. 136-175.

9. Пат. 2716220 Российская Федерация, МПК Н 04 L, G 06 F. Способ защиты вычислительных сетей / Максимов Р. В., Соколовский С. П., Ворончихин И. С., заявитель и патентообладатель Краснодарское высшее военное училище. – № 2019123718; заявл. 22.07.2019; опубл. 06.03.2020, Бюл. № 7. – 12 с.

10. Пат. 2726900 Российская Федерация, МПК Н 04 L, G 06 F. Способ защиты вычислительных сетей / Максимов Р. В. [и др.] , заявитель и патентообладатель Краснодарское высшее военное училище. – № 2019140769; заявл. 09.12.2019; опубл. 16.07.2020, Бюл. № 20. – 45 с.

11. Пат. 2739151 Российская Федерация, МПК Н 04 L, G 06 F. Способ маскирования структуры сети связи / Максимов Р. В. [и др.] , заявитель и патентообладатель Краснодарское высшее военное училище. – № 2020112143; заявл. 24.03.2020; опубл. 24.12.2020, Бюл. № 22. – 30 с.

12. Бекенева, Я. А. Анализ актуальных типов DDoS-атак и методов защиты от них/ Я. А. Бекенева // Информатика и компьютерные технологии. – 2016 г. – № 1. – С. 7-13.

13. Москвин, А.А. Технологии управления информационными потоками в сетях передачи данных / А.А.Москвин // Информатика: проблемы, методы, технологии: сборник материалов XXII Международной научно-методической конференции. – Воронеж: ВГУ. – 2022. – С. 803-810.



## Программные средства анализа качественных данных на основе детерминационного анализа

В. В. Нестругина, email: v.nestrugina@gmail.com

И. Е. Воронина, email: irina.voronina@gmail.com

Воронежский государственный университет

**Аннотация.** *Рассматривается система для анализа качественных данных на основе детерминационного анализа. Программные средства осуществляют с качественными данными в их первоначальном виде, позволяют анализировать зависимости между отдельными значениями качественных переменных, которые могут быть упущены при использовании интегральных показателей.*

**Ключевые слова:** *детерминационный анализ, обработка качественных данных, программные средства.*

### Введение

В социологических исследованиях для обработки качественных данных применяются различные способы и средства. Задача таких инструментов – изучение структуры связей между переменными, построение вторичных агрегированных показателей [2, 3].

Известные направления обработки качественных данных:

1. Квантификация значений качественной переменной. Например, шкала удовлетворенности может быть переведена в числовую. Поборники такого метода считают номинальность переменных неразвитостью техник социального измерения, которая в конце концов сойдет на нет [4]. С другой точки зрения, нет никакого основания полагать, что проблема квантификации – поиска чисел, стоящих за словами обычного человеческого языка, будет когда-либо решена [1].

2. Использование интегральных показателей, описывающих либо тесноту связи между переменными (эмпирическими индикаторами), либо расстояние (близость) между эмпирическими объектами или их разбиениями. Минусом такого подхода является получение суждений общего характера, а не видение объекта как набор свойств [1].

3. Содержательный анализ эмпирических данных, который включает изучение процентных распределений, содержащихся в таблицах сопряженности. Таблица сопряженности – тип таблицы в формате матрицы, которая показывает частоту появления каких-либо переменных. Минусами такого подхода является то, что, во-первых,

таблицы могут быть многомерными, что усложняет их понимание и обработку; во-вторых, нет возможности манипулирования конкретными свойствами (значениями качественных признаков) [1].

Детерминационный анализ – техника по построению локального, фрагментарного анализа. Он заключается в том, чтобы по одним признакам (индикаторам) предсказать наличие других. Главной характеристикой является условная частота. Манипулируя сочетаниями отдельных свойств, можно получить точные и полные детерминации, то есть предсказания [1]. Объектом исследования являются номинальные (качественные) данные, проблема квантификации значений которых в настоящее время не решена.

Рассмотрим реализацию основных задач, стоящих перед детерминационным анализом, включающих получение объяснения свойства набором других свойств, уточнение для определенного решения, анализ существенности контекст, объясняющих и объясняемых свойств, построение объясняемой и объясняющей типологии и определение их существенности.

### **1. Особенности реализации программных средств для основных задач детерминационного анализа**

Задача: методами детерминационного анализа описать зависимости не между переменными (признаками), а между конкретными значениями этих переменных, то есть выяснить, насколько связаны переменные и конкретные значения этих переменных. Для реализации решения были разработаны программные средства, обеспечивающие методами детерминационного анализа обработку данных csv файлов в виде веера отображений (матрицы данных).

Изначально данные для социологического исследования приходят в виде таблицы (матрицы данных), где строки – объекты ( $E$ ), столбцы – переменные (отображения), пересечение строки и столбца – значение.

Первичные данные исследований представляют собой веер отображений – совокупность отображений вида  $E \rightarrow X_i, i \in [1, n]$ , где  $E$  – множество объектов,  $X_i$  – множество значений переменной  $x_i$ .

Веер образуют компоненты-отображения. Основание веера – множество  $E$ . Математические методы анализа социально-экономических данных – методы оперирования веерами отображений. Любое множество  $E, X_i$  обладает следующими свойствами: дискретность, конечность [1].

Разработанный пакет инструментов позволяет выполнять основные функции:

4. Построение таблицы сопряженности.

Для анализа первичные данные переводят в таблицы сопряженности (рис. 1)

	y			
y	y <sup>(3)</sup>	0	0	60
	y <sup>(2)</sup>	0	50	70
	y <sup>(1)</sup>	50	0	70
		x <sup>(1)</sup>	x <sup>(2)</sup>	x <sup>(3)</sup>
		x		

Рис. 1. Пример таблицы сопряженности между признаками (переменными)  $x, y$

### 5. Вычисление интенсивности и емкости детерминации.

Оценка условной вероятности или условная эмпирическая частота является наиболее приемлемой мерой установления связи между конкретными признаками и вычисляется следующим образом:

$$P(y | x) = \frac{N_{x_i, y_j}}{N_{x_i}}. \quad (1)$$

Жесткая детерминация – значение условной вероятности равно 1. Как правило, социальные закономерности обладают не жесткой детерминацией, а статистичностью, являющейся ограниченным нарушением детерминизма. Статистичность – мера отличности условной вероятности от 1. Чем статистичность больше, тем закономерность меньше.

В таблице сопряженности каждая клетка рассматривается как изображение прямой и обратной детерминации ( $x_i \rightarrow y_j, y_j \rightarrow x_i$ ). У каждой детерминации существуют две условные частоты – характеристики этих детерминаций – интенсивность и емкость [1].

Интенсивность детерминации  $a \rightarrow b$ , где  $a = x_i, b = y_j$  вычисляется по формуле 2:

$$I(x_i \rightarrow y_j) = P(y | x) = \frac{N_{x_i, y_j}}{N_{x_i}} \quad (2)$$

Интенсивность детерминации отражает ее точность/истинность. Она показывает, что среди респондентов, обладающих признаком  $a$ , какая-либо доля демонстрируют поведение  $b$  [1].

Емкость вычисляется по формуле 3:

$$C(y_j \rightarrow x_i) = \frac{N_{x_i y_j}}{N_{y_j}} \quad (3)$$

Емкость показывает, сколько респондентов, или объектов, среди тех, кто демонстрирует тип поведения (признак)  $b$ , количество тех, кто является  $a$ ,  $a = x_i$ . Иными словами, емкость – это доля реализации поведения  $b$ , которая объясняется высказыванием «Из  $a$  следует  $b$ ». Полнота детерминации  $a \rightarrow b$  – значение емкости, отражающее, насколько всеобъемлюще объяснение, построенное на детерминации  $a \rightarrow b$ .

6. Решение основного уравнения для D-функций.

Метод детерминационного анализа состоит в анализе детерминационных функций. Детерминационная функция образована детерминациями – логическими импликациями (следованиями), порожденными условными частотами. Правило «Если  $a$ , то  $b$ » – детерминация  $a \rightarrow b$ , то есть  $b$  предсказывается на основе  $a$ . Детерминация показывает, что одно событие оказывает влияние на другое событие [1].

Основная задача детерминационного анализа – в полном классе D-функций от  $x$  к  $y$  в контексте  $k$  найти все D-функции, которые удовлетворяют ограничениям (5):

$$\begin{cases} I(k(x \xrightarrow{\phi} y)) \geq \delta \\ C(k(x \xrightarrow{\phi} y)) \geq \sigma \end{cases}, \quad (4)$$

где  $\delta, \sigma$  – некоторые константы, устанавливающие минимальный порог интенсивности и емкости детерминации, причем  $0 \leq \delta \leq 1$ ,  $0 \leq \sigma \leq 1$  [1].

Поиск решений детерминационного уравнения осуществляется следующим образом. Для каждого непустого  $x = a$  считаются  $I, C$  как функции от  $y$ , и те значения  $x, y$ , при которых названные величины превышают соответственно  $\delta, \sigma$ , составляют детерминации-решения D-функций. Если  $\delta > 0,5$ , то при нахождении одного значения  $y$  (Проверяем его  $I$ , чтобы было больше данного  $\delta$ ) дальше можно не искать, так как это решение единственное, поэтому переходим к следующему значению  $x$ .

7. Определение существенности различных переменных в детерминациях (D-функциях).

Уточнение, которое свойство  $c$  вносит в детерминацию  $a \rightarrow b$  – наличие дополнительного детерминированного свойства  $c$  в детерминации  $a \rightarrow b$ . Оно обозначается как  $ac \rightarrow b$ .

Приращение интенсивности – мера существенности уточнения  $c$ , вносимого в детерминацию  $a \rightarrow b$ .

Его вычисляют по формуле 5:

$$S(ac^* \rightarrow b) = I(ac \rightarrow b) - I(a \rightarrow b) \quad (5)$$

8. Получение объяснения заданного свойства.

9. Получение уточнений для определенного решения.

10. Получение дополнений для совокупности решений задачи получения объяснения.

11. Расчет существенности контекста, объясняющих и объясняемых свойств.

12. Построение объясняющей и объясняемой типологии.

К инструментам детерминационного анализа также относится типология – классификация по существенным признакам для выявления общих закономерностей. Апостериорная типология формируется на основе изучения эмпирических данных. Первостепенным является определение наиболее важных стратегических переменных, которые будут составлять основу при создании типологии. Затем формируются группы значений  $X$ , приводящих к одному и тому же значению  $Y$  при заданных  $\delta, \sigma$ , и на основе таких групп формулируется апостериорная типология [1].

13. Проверка объяснительных возможностей типологии.

14. Проверка объяснимости типологии.

15. Нахождение самых точных и полных детерминаций заданного и произвольного размера.

## **2. Сравнение известных статистических методов с методами детерминационного анализа**

Детерминационный анализ удовлетворяет требованиям, вытекающим из принципов номинальности, конкретности и ограниченной статистичности. Проведение параллелей и разграничений между детерминационным анализом и иными математическими методами сводится к установлению того, каким из приведенных выше требований тот или иной метод анализа данных не удовлетворяет. Сводные сведения представлены в таблице.

*Сравнение статистических методов с детерминационным анализом по выполнению основных принципов детерминационного анализа*

<b>Метод</b>	<b>Принцип номинальности</b>	<b>Принцип конкретности</b>	<b>Принцип ограниченной статистичности</b>
Статистическая связь по определению класса вероятностно-статистических методов	+	+	–
Методы исследования связей на основе критерия $\chi^2$	+	–	–
Расстояние по Хеммингу между разбиениями объектов	+	–	–
Уравнение регрессии	–	–	–
Метод главных компонент	–	–	–
Детерминационный анализ	+	+	+

### **3. Вычислительный эксперимент: задача исследования поведения студентов университета**

С целью демонстрации использования разработанных программных средств в решении задач детерминационного анализа необходимо было провести вычислительный эксперимент на экспериментальных данных. Предметом исследования послужил набор данных, содержащий личную информацию и учебные привычки студентов инженерного и педагогического факультетов Ближневосточного Университета, расположенного на Северном Кипре [6]. Следует заметить, что, как правило, найти подходящие данные для проверки и демонстрации работы программных средств подобного рода не очень просто, чем и объясняется использование вышеупомянутых сведений, находящихся в открытом доступе. Кроме того, среди доступных наборов данных на сайте [archive.ics.uci.edu](http://archive.ics.uci.edu) используемый набор содержал большое количество вопросов с ответами, квантификацию которых нельзя было логически обосновать. Набор с аналогичным количеством качественных данных по студентам какого-либо российского университета, к сожалению, обнаружить не удалось.

Целью исследования ставится выяснение влияния различных факторов на высокую успеваемость студента.

Вопрос 1. Кто более склонен к высокой успеваемости, мужчины или женщины?

Выбирается задача детерминационного анализа «Получение объяснений», в форму вводятся следующие данные: контекст универсальный, набор переменных X из единственной переменной – пола (код переменной 2), набор Y – переменная среднего балла за прошлый семестр со значением «3.49 из 4» (код переменной 29, код значения 5). Результат запроса представлен на рис. 2.

2	->	29	I	C	N(X&Y)	N(X)	N(Y)
2	->	5	0.218	0.760	19	87	25
1	->	5	0.103	0.240	6	58	25

Рис. 2. Полученное D-отношение для запроса получения объяснения высокому среднему баллу

Мужской пол (код значения 2) имеет большую емкость, следовательно, наиболее полно объясняет высокие оценки и является более склонным к высоким оценкам.

Вопрос 2. Остановимся на детерминации «Если это мужчина, то его средний балл будет выше 3.49/4». Можно ли объяснить их успех уровнем образования родителей?

Сначала рассматривается, какой уровень образования матери и отца вместе и по-отдельности вносит положительное уточнение в детерминацию «Если это мужчина, то его средний балл будет выше 3.49/4». Для этого выбирается пункт «Получение уточнения определенного решения», тип уточнения «Положительный», переменные Z ввести код 11 для материнского и код 12 для отцовского. Результаты представлены на рис. 3, 4 и 5.

II	I	ΔI
1	0.241	0.023
4	0.429	0.210

Рис. 3. Приращение интенсивности при уровне образования матери для мужчин

	12	I	$\Delta I$
2		0.300	0.082
3		0.267	0.048

Рис. 4. Приращение интенсивности при уровне образования отца для мужчин

	11	12	I	$\Delta I$
1		3	0.333	0.115
1		4	0.250	0.032
1		1	0.250	0.032
3		2	1.000	0.782
4		2	1.000	0.782
4		3	1.000	0.782
4		1	0.500	0.282

Рис. 5. Приращение интенсивности при учете уровня образования и матери, и отца для мужчин

Согласно рис. 5, образование отца если и вносит положительную существенность, то довольно незначительную, в то время как образование матери уровня бакалавра существенно с приращением 0.21. При учете образования обоих родителей получается даже получить случаи с максимальной точностью, то есть те, которые позволяют утверждать: «Если это мужчина и уровень образования матери – такой, а отца – такой, то у него будет высокий средний балл». Такими сочетаниями являются:

- уровень образования матери – бакалавриат (код 4), отца – средняя школа (код 2);
- уровень образования матери – бакалавриат (код 4), отца – старшая школа (код 3);
- уровень образования матери – старшая школа, отца – средняя школа.

Проверка численности этих трех групп с помощью задачи получения объяснения дает полноту 0,24, то есть точное объяснение почти четверти случаев высоких оценок.

Вопрос 3. Можно ли построить типологическое свойство на основе привычек в учебе мужчин?

Выбирается задача построения объясняющей типологии, в качестве контекста вводится переменная пола (код 2) и ее значение «мужской»



(код 2), в качестве Y переменную среднего балла (коды 1: <2.00, 2: 2.00-2.49, 3: 2.50-2.99, 4: 3.00-3.49, 5: выше 3.49), в качестве X – набор из переменных 22, 25 и 26. Переменная 22 – частота посещения занятий (коды 1: всегда, 2: иногда, 3: никогда). Переменная 25 – ведение заметок в классе (коды 1: никогда, 2: иногда, 3: всегда). Переменная 26 – внимательное прослушивание лекции в классе (коды 1: никогда, 2: иногда, 3: всегда). Значение интенсивности 0,51, емкости – 0. Результат представлен на рис. 6.

22	25	26	->	29
2	3	1	->	3
22	25	26	->	29
1	1	2	->	4
2	3	3	->	4
22	25	26	->	29
1	2	3	->	5
1	1	3	->	5

Рис. 6. Таблицы для типологического свойства

Из полученных типологических групп можно делать следующие предположения.

Сочетания, кодирующие первую типологию – слабую группу – группу с оценками 2,50–2,99, хоть и старается все записывать, но при отсутствии вслушивания в материал это не дает им преимущества в оценках

Студенты, не дотягивающие до высоких оценок, представляют собой две группы: либо всегда посещают, но не интегрируются полностью в образовательный процесс (никогда не делают заметки, слушают иногда), либо не могут всегда посещать, но всегда полностью интегрируются в образовательный процесс (всегда и слушают, и делают заметки).

Студенты, получающие высокие оценки, всегда посещают, всегда слушают, но заметки ведут либо иногда, либо никогда.

### Заключение

Программные средства на основе детерминационного анализа позволяют делать выводы о зависимости между отдельными значениями номинальных переменных путем анализа условных частот, составлять

на их основе детерминации и дифференцировать различные свойства по степени существенности их вклада в аргументы детерминации, измеряемой величинами соответствующих приращений условных частот. Реализованное приложение, обеспечивает поддержку решения основных задач детерминационного анализа и агрегированных задач на базе основных задач. В качестве возможных применений, помимо социологических исследований, можно предложить использование программных средств, например, в системе менеджмента качества или для решения различных управленческих задач.

### Список литературы

1. Чесноков С. В. Детерминационный анализ / С. В. Чесноков ; под ред. Е. С. Райской. – Москва : Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1982. – 168 с.
2. Бородкин Ф. М. Математическое моделирование в социологии (методы и задачи) / Ф. М. Бородкин, Б. Г. Миркин. – Новосибирск : Наука, 1977. – 240 с.
3. Чесноков С. В. Взаимоотношение теоретического и эмпирического уровней описания социально-экономической реальности / С. В. Чесноков // Методология комплексного исследования социально-экономических систем. Труды ВНИИСИ ГКНТ и АН СССР. – Москва, 1980. – Вып. 1. – С. 33–42.
4. Дородницын А. А. Математика и описательные науки / А. А. Дородницын // Число и мысль. – Москва : Знание, 1977. – С. 6–15.
5. Чесноков С. В. Способ ручной обработки небольших массивов документов / С. В. Чесноков // Проблемы контент-анализа в социологии. Ротапринт ОУПЭС СО АН СССР. – Новосибирск : 1970, – С 101–137.
6. Higher education students performance evaluation dataset [Электронный ресурс]: база данных. – Режим доступа : <https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/Higher+Education+Students+Performance+Evaluation+Dataset>

# Решение задачи сбора открытых данных пользователей в социальной сети ВКонтакте с целью дальнейшего исследования возможности использования цифровых следов для решения проблемы профориентации

Э. В. Обухова, email: obukhova.elina@yandex.ru

А. В. Швырева, email: shvyreva@cs.vsu.ru

Воронежский государственный университет

**Аннотация.** *Цифровой след – это данные, которые пользователи оставляют при использовании сети Интернет. Разделяют «активные» и «пассивные» цифровые следы. К «активным» относится информация, которой пользователь намеренно делится о себе, например, личная информация, публикации, сообщения, комментарии. Пассивный цифровой след собирается без ведома пользователя, и может использоваться, например, для подбора контекстной рекламы. В данной работе рассматривается задача сбора и подготовки набора данных, на основе активных цифровых следов пользователей в социальных сетях для дальнейшего его использования с целью решения проблемы профориентации. Проводится формирование набора критериев для выбора подходящей социальной сети, а также определяется перечень необходимой собираемой информации.*

**Ключевые слова:** *цифровые следы, социальная сеть, набор данных, профориентация.*

## Введение

Невозможно представить современное цифровое пространство без социальных сетей, где пользователи открыто размещают личную информацию, общаются, заявляют о своих интересах и высказывают собственное мнение. Вся опубликованная информация составляет цифровой след человека, который позволяет составить цифровой портрет человека, рассказать о его характере и предрасположенностях. В результате возникает вопрос о возможности использования цифровых следов из социальных сетей для предсказания профессиональных склонностей человека.

Недостатком существующих профориентационных мероприятий является использование наборов стереотипных вопросов с нечеткими альтернативами, где испытуемые могут скомпрометировать результат, что обеспечивает низкий индекс доверия к полученной оценке. В то же

время использование цифровых следов в сети Интернет для анализа позволит обеспечить большую надежность и объективность полученных данных.

В данной работе рассматривается решение задачи подготовки набора данных [1] для проведения дальнейшего исследования, в том числе формирование набора требований к необходимой пользовательской информации в социальных сетях, изучение популярных социальных сетей.

### **1. Выбор социальной сети**

Для получения единообразной, полной информации были сформированы критерии, которым должна отвечать социальная сеть, используемая для сбора данных:

1. Наличие открытого API для отправки запросов.
2. Широкая аудитория.
3. Наличие сообществ образовательных организаций в социальной сети.
4. Наличие возможности указать информацию о полученном образовании в профиле пользователя.

При анализе существующих социальных сетей было определено, что только социальная сеть ВКонтакте отвечает всем представленным требованиям: пользователь имеет возможность подробно указать информацию об образовании (вуз, факультет, направление, год начала и окончания обучения, возможность добавления нескольких образований); а также во ВКонтакте располагается множество тематических сообществ, включая сообщества образовательных учреждений.

Использование информации из профилей ВКонтакте не нарушает законов о передаче и использовании персональной информации, поскольку открытый API, предоставляемый ВКонтакте для разработчиков, не позволяет получить доступ к информации из закрытых профилей, а информация, публикуемая в открытых профилях, доступна для просмотра всем и не является приватной.

### **2. Определение требований к собираемым данным**

ВКонтакте предоставляет пользователю возможность не только очень подробно описать свою личность, но и публиковать посты, фотографии, слушать музыку, вступать в тематические сообщества. Все перечисленные действия могут рассматриваться в качестве цифровых следов, однако для нашей постановки задачи было решено остановиться только на перечне тематических сообществ, которые наиболее точно отражают интересы и увлечения пользователя.

Таким образом, сформируем набор данных из профиля респондента, необходимых для проведения исследования:

- числовой идентификатор вуза, в котором учился респондент;
- название вуза;
- числовой идентификатор факультета;
- название факультета;
- список из пар: числовой идентификатор группы + название группы.

Персональный идентификатор пользователя фиксироваться не будет, что позволит сохранить анонимность используемых данных.

### **3. Обзор инструментов взаимодействия с ВКонтакте**

Методы VK API разнообразны и делятся на десятки категорий [2-4], но для данной задачи представляют интерес методы классов Groups и Users: Groups.getMembers() и Users.getSubscriptions().

Метод Groups.getMembers() позволяет извлечь список членов группы, а также основную информацию о пользователях. По умолчанию извлекается:

- цифровой идентификатор, ФИО;
- основная информация об образовании: идентификатор вуза и его название + идентификатор школы и ее название;
- дата последнего появления в сети.

Также существует возможность указать дополнительные поля, чтобы расширить список возвращаемой информации о члене группы. В нашем случае для образовательных целей указывается параметр education, который возвращает полную информацию об образовании:

- идентификатор вуза и его название;
- идентификатор кафедры и ее название;
- год поступления и год выпуска;
- идентификатор школы и ее название;
- года поступления и выпуска.

Метод Users.getSubscriptions() возвращает список всех подписок пользователя, включая людей и сообщества вперемешку, так как ВКонтакте позволяет подписываться не только на сообщества, но и на других пользователей.

### **4. Первичный анализ данных**

В результате сбора и первичной обработки данных [5-6], включающей удаление дубликатов, некорректных и неполных записей данных было получено 8536 профилей пользователей, гистограмма распределения которых по факультетам представлена на рисунке 1. Полученное распределение неравномерно и содержит шумовые

одиночные значения, которые также являются выбросами и не подходят для собираемого набора данных.

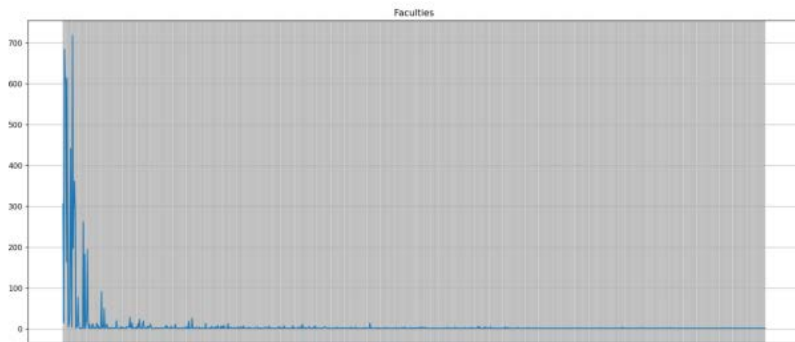


Рис. 1. Распределение респондентов по факультетам

Зная, что всего в ВГУ 18 факультетов, не составит труда отсечь лишнее. В результате получаем 6067 профилей:

- медико-биологический – 33 профиля,
- военного образования – 9 профилей,
- географии, геоэкологии и туризма – 182 профиля,
- геологический – 194 профиля,
- журналистики – 361 профилей,
- исторический – 306 профилей,
- компьютерных наук – 441 профиль,
- математический – 208 профилей,
- международных отношений – 261 профиль,
- прикладной математики, информатики и механики – 601 профиль,
- романо-германской филологии – 618 профилей,
- фармацевтический – 197 профилей,
- физический – 719 профилей,
- филологический – 301 профилей,
- философии и психологии – 163 профиля,
- химический – 204 профиля,
- экономический – 614 профилей,
- юридический – 685 профилей.

Фрагмент полученного набора данных представлен на рисунке 2. Первая строка в нем является заголовками столбцов, где нулевой столбец содержит в себе порядковый номер факультета, а столбцы 1-947 содержат в себе уникальные идентификаторы групп.

0	1	2	3	...	943	944	945	946	947
2	160905377	67363111	93077522	...	0	0	0	0	0
9	10889156	182875281	41768412	...	0	0	0	0	0
8	40836944	23213239	96245789	...	0	0	0	0	0
9	150718140	39009769	86179596	...	0	0	0	0	0
1	65178314	15755094	121258913	...	0	0	0	0	0
1	54361599	206961598	79268570	...	0	0	0	0	0
0	190339907	187218622	179169425	...	0	0	0	0	0
6	38629367	66420111	170182113	...	0	0	0	0	0
2	34215577	139923997	93330757	...	0	0	0	0	0
1	72918254	60841972	125387396	...	0	0	0	0	0

*Рис. 2.* Фрагмент полученного набора данных

### 5. Семантический анализ названий сообществ

Руководствуясь идеей, что для каждого факультета характерны уникальные термины, был составлен словарь слов для каждого факультета, определяемый общими словами среди десяти наиболее часто встречаемыми слов в названиях сообществ среди подписок каждого представителя факультета.

В результате проведенного эксперимента было определено:

- наиболее часто встречающимися словами являются разделители, не несущие смысловой нагрузки (например: -, |, ♥, ●);
- на втором месте по частоте использования находятся предлоги, союзы и междометия;
- третьими по частоте являются слова, указывающие на географическое положение (Воронеж, Липецк, Старый Оскол, Российская и т.д.);
- часто встречаются аббревиатуры, прямо указывающие на вуз и факультет (ВГУ, ФКН, Истфак, ПММ);
- использование специальных терминов (история, наука, психология, английский, немецкий, проект);
- единичные слова, не несущие информации о профессиональных склонностях респондентов.

Полученный анализ семантического состава групп пользователей ВКонтакте, вступивших в группу ВГУ, свидетельствует о наличии взаимосвязи между профессиональными склонностями личности и названиями тематических сообществ в его профиле.

## Заключение

В результате работы было разработано программное средство, позволяющее собрать публично доступную информацию о студентах Воронежского государственного университета. Также была проведена первичная обработка данных, а также семантический анализ названий тематических сообществ.

Первичный анализ полученных данных свидетельствует о возможности использования цифровых следов для составления не только психологического, но и профессионального портрета человека, что потенциально может помочь многим молодым людям определиться с выбором программы обучения.

## Список литературы

1. О важности датасета и о том, как сделать его лучше [Электронный ресурс] : блог компании «Технологика». – Режим доступа: <https://www.technologika.ru/blog/how-to-create-great-dataset>
2. Библиотека Requests: HTTP for Humans [Электронный ресурс] : блог сообщества MoscowPython. – Режим доступа: <https://python.ru/post/97/>
3. VK library [Электронный ресурс] : документация сервиса ВКонтакте. – Режим доступа: <https://vk.readthedocs.io/en/latest/index.html>
4. Python Requests Tutorial [Электронный ресурс] : сайт GeeksForGeeks. – Режим доступа: <https://www.geeksforgeeks.org/python-requests-tutorial/>
5. Как подготовить датасет к Machine Learning с PySpark и построить систему потоковой аналитики больших данных на Apache Kafka и ELK: пример прогнозирования CTR [Электронный ресурс] : блог компании «BD School». – Режим доступа: <https://www.bigdataschool.ru/blog/ctr-prediction-with-kafka-spark-elk-case.html>
6. Как собрать датасет за неделю: опыт студентов магистратуры «Наука о данных» [Электронный ресурс] : блог компании «SkillFactory». – Режим доступа: <https://habr.com/ru/company/skillfactory/blog/534682/>



## Разработка свёрточной нейронной сети для решения задачи семантической сегментации

Р. Р. Отырба, email: rostislav.otyrba.97@gmail.com

А. А. Сирота, email: sir@cs.vsu.ru

Воронежский государственный университет

**Ключевые слова:** Данное исследование посвящено разработке конкурентоспособной, мощной и в то же время достаточно легковесной модели семантической сегментации, основанной на свёрточных нейронных сетях. В результате тщательного исследования ряда новейших технологий глубокого обучения и архитектур свёрточных нейронных сетей была спроектирована и построена U-Net-подобная архитектура вида «кодер-декодер». Была построена кодирующая сеть, имеющая пирамидальную структуру, эффективно извлекающая признаки с разными масштабами. В конце кодирующей сети, был построен модуль ASPP, эффективно извлекающий признаки с ещё большим масштабом. После модуля ASPP была построена легковесная декодирующая сеть с пространственным модулем внимания, которая идентична структуре сети в классической архитектуре U-Net. Построенная модель была обучена на Pascal VOC 2012 и тестировалась на валидационных данных.

**Ключевые слова:** Семантическая сегментация, глубокое обучение, свёрточные нейронные сети, обработка изображений

### Введение

Семантическая сегментация – одна из самых фундаментальных и популярных тем исследований в области компьютерного зрения, обладающая широким спектром применений от распознавания медицинских патологий до автономного вождения транспорта. Задача семантической сегментации тесно связана с задачей классификации изображений, поскольку она представляет собой процесс разбиения изображения на сегменты определённых категорий с одновременной их пиксельной классификацией. Впервые это систематически было открыто в основополагающей работе [1], где авторы впервые продемонстрировали полностью свёрточную сеть (FCN), реализующую архитектуру «кодер-декодер» для задачи семантической сегментации. Кодирующая сеть фиксирует более высокую семантическую информацию, постепенной уменьшая карты признаков, в то время как

декодирующая сеть постепенно восстанавливает сигнал до желаемого результата, чтобы получить пиксельную классификацию. С тех пор FCN вдохновила многих исследователей последующих работ, а свёрточные нейронные сети и вид архитектуры «кодер-декодер» стал преобладающим в решениях задач данной области. В последнее время методы на основе трансформеров (SETR, SegFormer, MaskFormer, HRFormer, Segmenter и др.) продемонстрировали большой потенциал и превосходят методы на основе CNN и всё это благодаря мощным и тяжёлым кодирующим сетям с трансформерами.

Успешные современные сегментационные модели в целом обладают следующим характеристиками.

- Эффективная кодирующая сеть, извлекающая признаки.
- Извлечение признаков в разных масштабах. В отличие от задачи классификации изображений, которая в основном работает с одним объектом, семантическая сегментация требует обработки объектов разных размеров на одном изображении, поскольку представляет собой задачу пиксельной классификации.

- Модуль внимания (пространственный и каналный). Модуль позволяет уменьшить вычислительные затраты при обучении, которые тратятся на незначимые активации и обеспечивает лучшую обобщаемую способность сети. Достигается это путём взвешивания различных областей (или каналов) изображения, где наиболее важные области (или каналы) имеют больший вес. Самые современные методы, в том числе основанные на трансформерах используют пространственные механизмы самовнимания и не используют каналное внимание.

- Низкая вычислительная сложность. Это особенно важно при работе с изображениями высокого разрешения, например, с кадрами дистанционного зондирования или городских сцен.

Основываясь на данных идеях и характеристиках, а также вдохновившись идеями и технологиями моделей U-Net с Attention Gate, DeepLabV3+, SegNeXt, Inception ResNet-v2, ResNeXt и MobileNetV2 в данном исследовании преследуется попытка построить конкурентоспособную, мощную и в то же время достаточно легковесную модель семантической сегментации, основанную на свёрточных нейронных сетях.

## **1. Разработанная архитектура модели семантической сегментации**

Предлагаемая архитектура свёрточной нейронной сети имеет U-Net-подобную структуру «кодер-декодер» с пропускными соединениями (рис. 1). Архитектура состоит из следующих основных частей.

- Кодирующая сеть с пирамидальной структурой, извлекающая признаки с разными масштабами, состоящая из 4 блоков.

- Модуль ASPP, который помогает учитывать разные масштабы карт признаков глубоких слоёв и в целом значительно улучшает качество сегментации.
- Декодирующая сеть, представляющая собой модификацию декодера архитектуры U-Net.

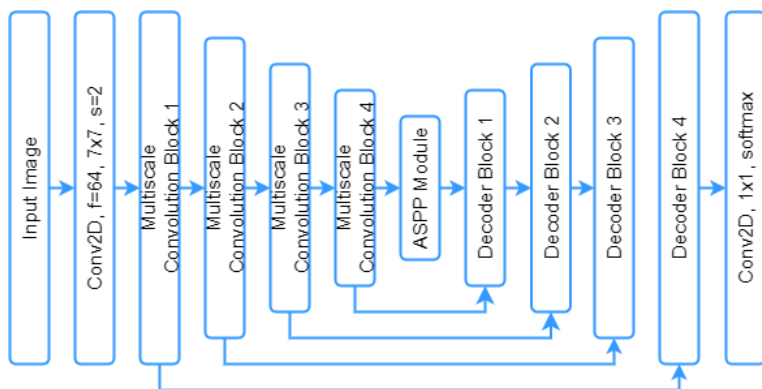


Рис. 1. Разработанная архитектура полностью свёрточной нейронной сети

Кодирующая сеть или кодер – это сеть, принимающая на вход изображение и извлекающая значимые признаки, необходимые для решения желаемой задачи. Многие исследователи в качестве кодирующих сетей используют предварительно обученные классификационные нейронные сети, однако они предназначены для задачи классификации изображений, но не семантической сегментации, которая в свою очередь требует обработки объектов разных размеров на одном изображении. В данном исследовании представляется кодер, каждый блок которого имеет пирамидальную структуру, фиксирующий признаки различного масштаба. Такой блок основан на идеях свёрточной нейронной сети Inception ResNet-v2 [2] и сети ResNeXt [3]. Кроме этого в сети используется функция активации Swish, которая по эффективности соответствует и порой превосходит ReLU, а также помогает предотвратить проблему исчезающего градиента.

Структура блока кодера представляет собой один большой Bottleneck, в котором сперва выполняется компрессия признаков, затем ряд параллельных вычислений как в семействах Inception и обратная декомпрессия (рис. 2). Такая структура позволяет снизить объём вычислений для достаточно тяжёлых операций, не теряя при этом обобщённости. При этом в качестве свёрточных слоёв используются

слои, которые делят каналы ровно на 32 группы, осуществляя затем параллельно для каждой группы свёрточные операции (авторы ResNeXt называют данный параметр мощностью и его использование дало значительный прирост к точности сетей исследователей). Таким образом, последовательность операций представляется следующим образом.

1. К входящим картам признаков применяется лёгкая точечная свёртка, создающая их компрессию, уменьшая количество каналов в определённое количество раз. Стоит отметить, что для каждого блока определяется свой коэффициент компрессии.

2. Полученный результат поступает в свёртку  $5 \times 5$  для учёта локальной информации, после чего, результат отправляется в параллельные ветви из свёрточных слоёв с размерами фильтров  $3 \times 3$ ,  $7 \times 7$ ,  $11 \times 11$  и  $15 \times 15$  для учёта признаков в разных масштабах. Использование таких размеров основано на исследовании [4], где авторами утверждается, что использование больших фильтров является более эффективной стратегией, вместо использования набора маленьких распространённых фильтров  $3 \times 3$ .

3. Полученные результаты конкатенируются и проходят через точечную свёртку для их агрегации и декомпрессии в необходимое для данного блока количество каналов.

4. Результат суммируется с исходными картами признаков, образуя в данном блоке, таким образом, эффективное остаточное соединение (Residual Connection), как это реализовано в сетях семейства ResNet, чтобы избежать проблему исчезающего градиента и увеличить глубину сетей.

5. К полученным результатам применяется функция активации Swish.

Множество таких блоков образуют последовательность (глубину) и формируют Multiscale Convolution Block (МСВ). После данного блока применяется блок понижающей дискретизации, представляющий собой параллельное осуществление операций свёрточным слоем с шагом 2 и размером ядра  $3 \times 3$ , а также операции максимального объединения (MaxPooling2D). Итоговая конкатенация проходит через точечную свёртку, которая осуществляет декомпрессию каналов до необходимого количества следующего блока (МСВ). Более подробная информация о характеристиках разработанной кодирующей сети представлены в табл. 1.

*Характеристики разработанной кодирующей сети*

<b>Блоки</b>	<b>Выходная размерность</b>	<b>Кол-во каналов</b>	<b>Глубина блока</b>	<b>Компрессия каналов в Bottleneck</b>
Conv (7×7)	128 × 128	64	-	-
MCBlock-1	64 × 64	64	1	2
MCBlock-2	32 × 32	128	2	4
MCBlock-3	16 × 16	256	3	4
MCBlock-4	16 × 16	512	3	8

Разреженный пространственно-пирамидальный пулинг (ASPP Module) [5] изображённый на рис. 3, изначально предложенный в моделях семейства DeepLab, на практике показал впечатляющие результаты. ASPP используется в конце кодирующей сети для карт признаков низкого уровня и помогает учитывать большие масштабы объектов и в целом значительно улучшает качество сегментации. Достигается это путём использования и объединения свёрток с разделением по глубине (Depthwise Separable Convolution или DC2D) с разными коэффициентами разреженности (6, 12, 18), а также точечной свёртки и глобального усредняющего пулинга (GlobalAvgPooling2D) для учёта глобального контекста. В данной работе был разработан практически идентичный модуль с небольшими изменениями.

Декодирующая сеть или декодер – это сеть, принимающая извлечённые признаки кодирующей сетью, которые она использует в процессе восстановления пространственной информации, чтобы получить итоговую пиксельную классификацию. Декодирующая сеть, реализованная в данной работе по структуре идентична сети в классической архитектуре U-Net, однако содержит ряд значительных модификаций. Блок такой декодирующей сети представлен на рис. 4.

Первой значительной модификацией является использование модуля внимания (Attention Block), впервые продемонстрированный в работе [6], но с незначительными модификациями. Как известно, в классическом U-Net пропускные соединения (skip-connections) комбинируют пространственную информацию соответствующих размеров из кодирующей и декодирующей сети, чтобы получить улучшенное представление признаков. Автор утверждает, что признаки, исходящие из кодирующих сетей довольно грубые, поэтому предлагается ввести модуль внимания на этих пропускных соединениях, для подавления активаций на нежелательных областях изображения.

Автор продемонстрировал высокую эффективность данного модуля, поэтому было решено его добавить.

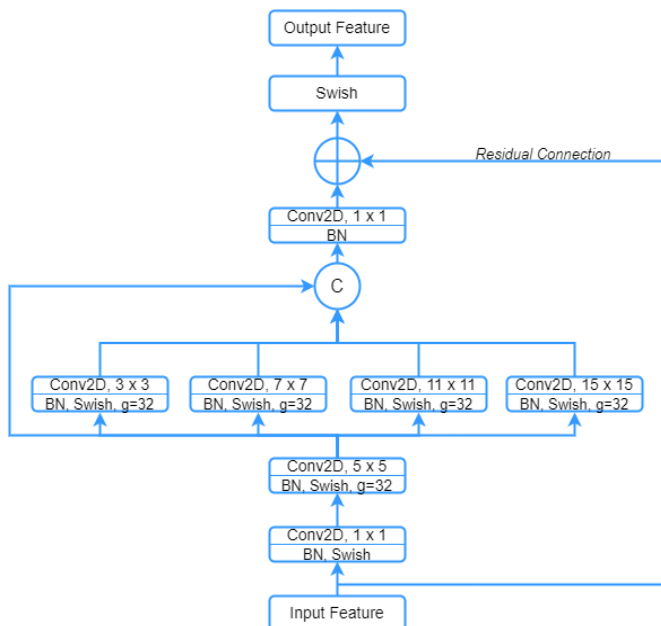


Рис. 2. Блок кодирующей сети из MCB

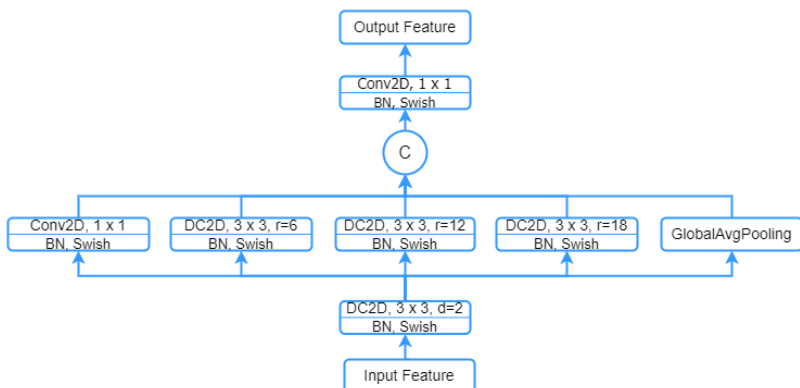


Рис. 3. Разреженный пространственно-пирамидальный пулинг (Module ASPP)

Второй модификацией блока декодирующей сети является использование вместо тяжёлой стандартной пары свёрточных слоёв сети U-Net, легковесных свёрточных операций, используя Inverted Residual Block [7] с DC2D свёртками. Входная точечная свёртка увеличивает количество каналов до соответствующего количества для данного блока, умноженное на коэффициент 3. Затем осуществляется свёртка с разделением по глубине DC2D размером 3×3. Выходная точечная свёртка понижает количество каналов до соответствующего количества для данного блока. Такое резкое повышение каналов объясняется тем, что DC2D очень сильно снижают количество обучаемых параметров, что может привести к плохой обучаемости, поэтому данный блок вместо компрессии каналов, осуществляет их декомпрессию, что показало высокую эффективность на практике.

## **2. Проведённые эксперименты и результаты**

Разработанная модель обучалась на известном эталонном наборе данных Pascal VOC 2012 [8] расширенной версии, имеющий 10582, 1449, 1456 изображений для обучения, валидации и тестирования соответственно. В данном исследовании модель тестировалась на валидационных данных, поскольку для тестовых данных ground truth отсутствует в открытом доступе. Набор данных состоит из 22 классов (фон, самолёт, велосипед, птица, лодка, бутылка, автобус, машина, кот, стул, корова, обеденный стол, собака, лошадь, мотоцикл, человек, горшечное растение, овца, диван, поезд, монитор, контур).

В таблице 1 представлены результаты обучения на проверочных данных в сравнении с другими популярными моделями по метрике средняя взвешенная степень пересечения изображений.

В процессе обучения была применена простейшая аугментация (случайная вырезка, отражение по горизонтали, случайное увеличение масштаба изображения на 0.25). Размеры входных изображений были преобразованы к 256×256, при необходимости для достижения необходимой размерности использовался lanczos5. Размер мини-пакета был установлен на 16. В качестве оптимизатора был выбран SGD Momentum. Скорость обучения определялась по методике описанная в работе [9]. Исследуя рекомендации автора, с помощью Learning Rate Finder осуществлялась одна эпоха со скоростью обучения от  $1e-10$  до 1, которая возрастает экспоненциально с каждой итерацией обучения. После этого, строился итоговый график зависимости ошибки от скорости обучения.

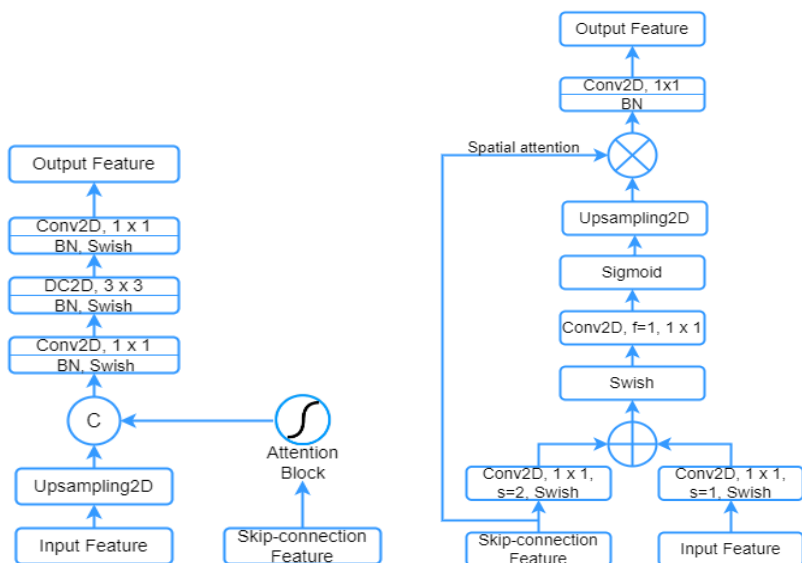


Рис. 4. Блок декодирующей сети (Decoder Block) и блок внимания (Attention Block)

Таблица 2

*Сравнение результатов тестирования с другими моделями*

Архитектура	Кодирующая сеть	mIoU val set
FCN-8s	VGG16	62.2%
U-Net	Classic	72.7%
PSPNet	PSPNet	80.9%
DeepLabV3+	Xception-JFT	82.7%
Предлагаемая	Multiscale Convolution Encoder	80.5%

Скорость обучения выбиралась в том промежутке, где она начинает стремительно уменьшаться (в данном случае  $1e-7$  до  $1e-4$ ). После чего с данными диапазонами скорости обучения применялся алгоритм циклической скорости обучения (Cyclical Learning Rate algorithm) вида triangular, который создаёт регуляризационный эффект и помогает ускорить процесс обучения. В качестве функции ошибки была использована комбинация взвешенной функции Дайса и Фокальной ошибки, где функция Дайса – степень соответствия между предсказанием и полученным результатом, а фокальная ошибка — это модификация кросс-энтропии, занижающий вклад преобладающего класса и фокусируется на более сложных примерах. Модель обучалась в



течении 66 тысяч итераций на платформе Kaggle. Количество параметров всей модели составляет 16.3 миллионов.

### **Заключение**

Данное исследование посвящено разработке конкурентоспособной, мощной и в то же время достаточно легковесной модели семантической сегментации, основанной на сверточных нейронных сетях. В результате тщательного исследования ряда технологий глубокого обучения и новейших архитектур была построена U-Net-подобная архитектура вида «кодер-декодер». Была построена кодирующая сеть, имеющая пирамидальную структуру на основе сети Inception ResNet-v2 и ResNeXt, извлекающая признаки с разными масштабами. В конце кодирующей сети, был построен модуль ASPP, эффективно извлекающий признаки с ещё большим масштабом. После модуля ASPP, была построена легковесная декодирующая сеть с пространственным модулем внимания, которая идентична структуре сети в классической архитектуре U-Net. В последующих исследованиях предстоит провести ряд эмпирических экспериментов для поиска наилучших характеристик архитектуры. Также для большей эффективности необходимо будет предварительно обучить кодирующую сеть на наборе данных ImageNet.

### **Список литературы**

1. Long, J. Fully Convolutional Networks for Semantic Segmentation / J. Long, E. Shelhamer, T. Darrell // The IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) – 2015. – P. 3431–3440.
2. Szegedy, K. Inception-v4, Inception-ResNet and the Impact of Residual Connections on Learning / K. Szegedy [et al] // ArXiv – 2016.
3. Xie, S. Aggregated Residual Transformations for Deep Neural Networks / S. Xie [et al] // The IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) – 2016. – P. 5987–5995.
4. Ding, X. Scaling Up Your Kernels to 31x31: Revisiting Large Kernel Design in CNNs / X. Ding [et al] // ArXiv – 2022.
5. Chen, L. Rethinking Atrous Convolution for Semantic Image Segmentation / L. Chen, G. Papandreou, F. Schroff, H. Adam // ArXiv – 2017.
6. Oktay, O. Attention U-Net: Learning Where to Look for the Pancreas / O. Oktay [et al] // ArXiv – 2018.
7. Sandler, M. MobileNetV2: Inverted Residuals and Linear Bottlenecks / M. Sandler [et al] // IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition – 2018. – P. 4510–4520.
8. Everingham, M. The Pascal Visual Object Classes (VOC) Challenge // International Journal of Computer Vision – 2010. – V. 88. – №2. – P. 303–338.
9. Smith, L. Cyclical Learning Rates for Training Neural Networks / L. Smith // IEEE Winter Conference on Applications of Computer Vision (WACV) – 2015. – P. 465–472.

## Прогнозирование профиля шероховатости поверхности детали на основе глубокой сети доверия

И. Н. Паламарь, email: irina.palamar@mail.ru

А. И. Гагарина, email: aig.rsatu@mail.ru

И. Е. Кулиманов, email: ivan.kulimanov@gmail.com

Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьева

**Аннотация.** *В данной работе рассматривается применение вероятностной генеративной модели для формирования первичного профиля поверхности детали, изготавливаемой по технологии селективного лазерного сплавления, оценена погрешность прогнозирования вероятностных параметров шероховатости.*

**Ключевые слова:** *глубокая сеть доверия, модель генерации данных, прогнозирование профиля, шероховатость поверхности, вероятностные параметры, аддитивная технология.*

### Введение

Одним из важных параметров, определяющих качество поверхностного слоя детали, является шероховатость поверхности. Контроль шероховатости поверхности должен обеспечивать высокую точность, локальность и воспроизводимость измерений. Непрерывный рост требований к эксплуатационным показателям деталей машин показывает, что оценка шероховатости только высотными стандартизированными параметрами в соответствии с ГОСТ 2789-73, которые широко применяются в промышленности, во многих случаях является недостаточной. Особенно необходимость исследования новых закономерностей формирования первичного профиля проявляется при разработке новых методов изготовления деталей и изучении способов обработки новых материалов. Одним из наиболее существенных факторов, затрудняющих математическое описание шероховатости, является ее нерегулярность, проявляющаяся вследствие физических особенностей способов образования поверхностей [1]. Предполагается, что в структуру шероховатости поверхности входят как закономерные, так и случайно расположенные неровности. Поэтому реальный профиль поверхности, полученный в результате ее обработки различными методами, представляет собой композицию систематической и случайной составляющих, а математическая модель профиля

поверхности должна интегрально учитывать его вероятностный характер. Следовательно, разработка современного инструментария для исследования вероятностных параметров шероховатости поверхности является актуальной.

### **1. Тенденции развития исследований по вероятностной оценке шероховатости поверхности**

В основе вероятностных методов лежит предположение о случайном характере изменения геометрических свойств поверхности. Профиль поверхности или ее представление в трехмерном виде рассматривается как некоторая статистическая выборка высот или реализация случайного процесса [1]. При создании моделей шероховатости поверхностей следует идти не по пути построения общих моделей, целесообразно строить модели с учетом индивидуальных особенностей методов и условий обработки. Профилограммы поверхности хорошо интерпретируются как реализация стационарного процесса с нормальным распределением вероятностей. В такой модели параметры шероховатости будут числовыми характеристиками реализации случайного процесса, т. е. функционалами, заданными на множество реализаций случайной функции, а значит, и случайными величинами, для которых имеет смысл говорить о распределении вероятностей.

Вероятностно-статистическая оценка шероховатости поверхности используется при исследовании различных методов обработки деталей. В работе [2] числовой массив, соответствующий набору ординат профиля поверхности относительно выбранной линии отсчета используется для расчета значений корреляционной функции и сглаженной гистограммы профиля, а также параметра Ra. Для вероятностной оценки качества поверхности, получаемой в результате электроимпульсной полировки, строятся и анализируются коррелограммы и спектрограммы профилей. В работе [3] для оценки качества бесцентрового шлифования абразивными кругами анализ шероховатости выполнялся с помощью автокорреляционных функций и анализа среднего периода колебания  $T_{cp}$ . Данный подход требует получения аналитической зависимости Ra от исследуемого параметра  $T_{cp}$ , для чего в работе был использован интерполяционный метод Лагранжа. Существенным недостатком параметрического вероятностного подхода является то, что рассчитанные параметры не позволяют оценить весь процесс формирования шероховатости поверхности в целом и ограничены математическими зависимостями, которые сложно получить для большого числа зависимых параметров. Кроме того, полиномиальный характер зависимостей может давать

выбросы в промежуточных точках замеров данных и невысокую точность.

В современных исследованиях для анализа данных все чаще применяют машинное обучение. Машинное обучение находится на стыке математической статистики, методов оптимизации и классических математических дисциплин, но имеет также и собственную специфику, связанную с проблемами вычислительной эффективности и переобучения.

Профиль поверхности можно рассматривать как последовательность наблюдений. Тогда для его описания можно использовать модели, основывающиеся на связанных наблюдениях.

В статистических моделях зависимость будущего значения от прошлого задаётся в виде некоторого уравнения. К таким моделям относятся: регрессионные модели; авторегрессионные модели; модели экспоненциального сглаживания; модели по выборке максимального подобия. В структурных моделях зависимость будущего значения от прошлого задаётся в виде некоторой структуры и правил перехода по ней. К таким моделям относятся: нейросетевые модели; модели на базе цепей Маркова; модели на базе классификационно регрессионных деревьев.

В работе [4] были проведены исследования для количественной оценки шероховатости. Автор устанавливает связь между шероховатостью поверхности и сигналами вибрации, полученные с помощью акселерометра закрепленного на держателе инструмента. Из полученных сигналов временной области извлекаются статистические признаки. В результате дальнейшего статистического анализа получают различные параметры, такие как: среднее значение, стандартная ошибка, медиана, стандартное отклонение, дисперсия выборки, эксцесс, асимметрия, диапазон, минимум, максимум и сумма. Таким образом, статистические характеристики были рассчитаны для 150 сигналов.

В работе [5] использовались три модели машинного обучения. Сначала в качестве экстрактора признаков используется быстрое преобразование Фурье (БПФ), а затем эти функции вводятся в прогностическую модель глубокой нейронной сети. Далее БПФ объединяется с долгой краткосрочной памятью (*LSTM*), а затем для решения задачи регрессии по сигналам вибрации используется подход полностью подключенных сетей (*FCN*). Затем для прогнозирования используется 1-*D* модель сверточной нейронной чети (*CNN*), основанная на сигналах временной вибрации. Модель *LSTM* предоставляет возможность временного моделирования для достижения хорошей производительности при более высоком значении  $R_a$ , и 1-*D CNN*,

которая лучше извлекает признаки и демонстрирует высокую точность прогнозирования при более низких диапазонах Ra. Недостатком такого метода является сложная структура и необходимости дополнительных данных с акселерометра, а также сильная зависимость от настроек и вида обработки поверхности.

В аддитивных технологиях ключевым критерием качества проектирования и исполнения сложно профильных изделий для различных сфер применения является точное соответствие деталей и узлов разработанным CAD-моделям, а также обеспечение прочностных характеристик изделия [6]. Для соответствия качества поверхности детали разработанной модели необходимо прогнозировать шероховатость поверхности при послойном изготовлении детали [7].

Для исследования многофакторных зависимостей различных параметров качества детали от технологических параметров метода изготовления детали предложено моделировать полный первичный профиль шероховатости, а не отдельные параметры. Для вероятностно-статистического анализа процесса изготовления применен генеративный подход с использованием в качестве модели глубокой сети доверия (DBN). DBN это порождающая графовая модель, состоящая из нескольких скрытых слоев, в которых нейроны внутри одного слоя не связаны друг с другом, но связаны с нейронами соседнего слоя. Следовательно, DBN подходит для обучения на размеченных данных с сохранением состояний каждого слоя. Для различных сочетаний технологических параметров (угол поворота платформы, толщина слоя) и соответствующих параметров шероховатости поверхности обучается своя модель, выполняющая генерацию профиля поверхности для заданной формы детали.

В результате применения модели появляется возможность более полного анализа профиля шероховатости и исследования влияния технологических параметров метода селективного лазерного сплавления (SLM) на качество поверхности с целью их оптимизации.

## **2. Описание модели и алгоритмов обучения**

Глубокие сети доверия (DBN) – это вероятностные генеративные модели, состоящие из нескольких уровней стохастических скрытых переменных. Скрытые переменные обычно имеют двоичные значения и часто называются скрытыми модулями или детекторами признаков. Два верхних слоя имеют ненаправленные симметричные связи между собой и образуют ассоциативную память. Нижние уровни получают нисходящие направленные соединения от уровня выше. Блоки на самом нижнем уровне представляют вектор данных.

Механизм доверия основан на том, что DBN обучается по одному уровню за раз, после обучения первого уровня значения скрытых переменных поступают как входные данные для обучения следующего уровня, таким образом, каждый уровень доверяет результатам нижестоящего уровня [8].

Глубокая сеть доверия представляет собой композицию простых ограниченных машин Больцмана (RBM). RBM можно задать с помощью двудольного неориентированного графа. Нейроны разделены на две группы, описывающие наблюдаемые и скрытые состояния. Особенностью этой модели является то, что при данном состоянии нейронов одной группы состояния нейронов другой группы будут независимы друг от друга [8]. Связи между нейронами противоположных слоев определяются матрицей весов  $W$ . DBN обучается без учителя методом контрастной дивергенции [9].

Первый блок, представляющий собой одну RBM, жадно обучается на входных данных, а все остальные уровни замораживаются. В результате получаются индивидуальные вероятности активации для первого скрытого слоя. Все нейроны первого скрытого слоя обновляются параллельно. Это называется положительной фазой обучения. Прямой связи видимых слоёв между двумя машинами Больцмана нет, поэтому необходимо произвести реконструкцию элементов видимого слоя. Это называется отрицательной фазой. Последним шагом в жадном обучении является обновление всех связанных весов, при этом скорость обучения умножают на разницу между положительным и отрицательным значениями фазы и добавляют к начальному значению веса. Этот процесс будет повторяться до тех пор, пока не будут получены требуемые пороговые значения.

Затем берется первый скрытый слой, который теперь действует как вход для второго скрытого слоя и так далее. Каждый слой принимает выходные данные предыдущего слоя в качестве входных данных для создания выходных данных. Сгенерированный результат – это новое представление данных. Веса для второго RBM – это транспонированная матрица весов для первого RBM. После обучения выполняется так называемая «тонкая настройка», которая может быть выполнена разными методами, например можно добавить ещё один слой, который бы представлял желаемые выходные данные и производные ошибок, тогда с помощью алгоритма обратного распространения можно произвести настройку сети.

Исследуемая глубокая сеть доверия структурно состоит из трех ограниченных машин Больцмана, где каждый скрытый слой является видимым слоем для следующей машины. Каждая ограниченная машина

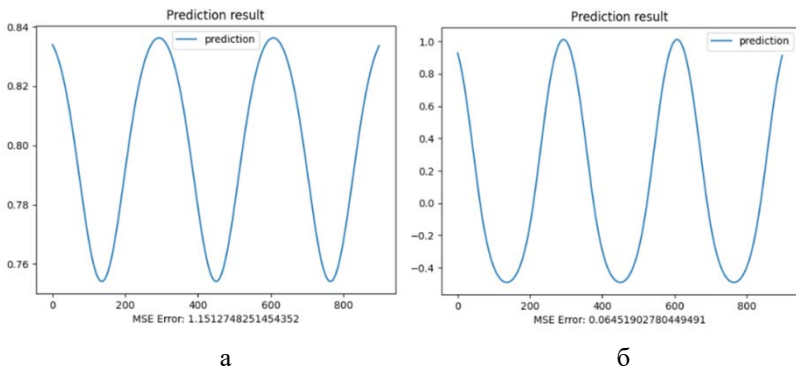
Больцмана состоит из двух слоёв: скрытый и видимый. Для каждой последующей *RBM* скрытый слой предыдущей машины является видимым слоем.

Сети глубокого доверия обладают двумя важными вычислительными свойствами. Во-первых, существует эффективная процедура для изучения нисходящих генеративных весов, которые определяют, как переменные в одном слое определяют вероятности переменных в слое ниже. Эта процедура изучает один уровень скрытых переменных за раз. Во-вторых, после изучения нескольких уровней значения скрытых переменных в каждом слое могут быть выведены с помощью одного восходящего прохода, который начинается с наблюдаемого вектора данных в нижнем слое и использует генеративные веса в обратном направлении.

Благодаря финальной настройке модели оптимизируются веса связей и минимизируется ошибка.

### 3. Результаты экспериментального исследования

Первоначально DBN была обучена на модельных данных – синусе с 100 итерациями (рис. 1, а) и 300 итерациями (рис. 1, б).



*а – 100 итераций, б – 300 итераций*

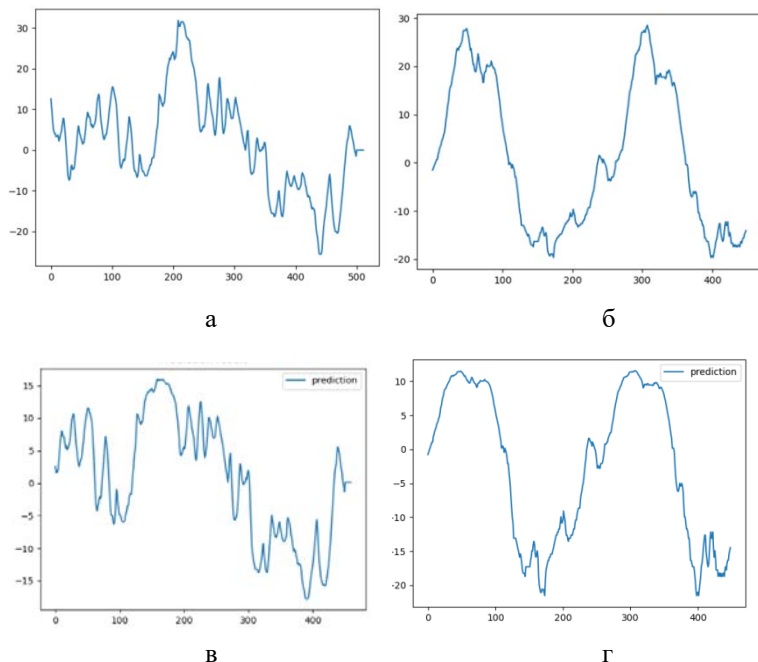
*Рис. 1. Вид сигналов, сгенерированных глубокой сети доверия*

Данная модель смогла повторить форму сигнала, но при этом исказила его по высоте. При увеличении количества итераций результат стал приближаться к исходному сигналу. Среднеквадратичная ошибка MSE уменьшилась с 1,15 до 0,065.

Модель обучалась на исходных данных в виде шероховатости, после чего происходил процесс генерации данных. Исходные данные

являются профилем поверхности, полученным с помощью профилометра, и хранятся в файле с расширением *.csv*. Датасет состоит из файлов, каждый файл представляет собой профиль поверхности виде сигнала, количество отсчётов 500.

На рис. 2 показаны два профиля поверхности используемых для обучения моделей и результаты генерации профилей с использованием глубокой сети доверия.



*а – профиль № 1, б – профиль № 2, в – прогноз для профиля № 1, г – прогноз для профиля № 2*

*Рис. 2. Прогнозы, полученные с помощью DBN для профилей шероховатости*

В глубокой сети доверия можно изменять количество итераций финальной настройки, для синуса они не имели большого значения, как и размер блока, и количество RBM, используемых в модели. Теоретически увеличение количества RBM позволяет выделить больше признаков, благодаря чему точность предсказания повышается. Однако экспериментально было выявлено, что для данной задачи увеличение



количества RBM больше трех улучшает результат незначительно при существенном повышении вычислительной сложности.

В результате оценки параметров шероховатости для исходных и сгенерированных моделью DBN профилей №1 и №2 были рассчитаны значения основных параметров шероховатости, представленные в табл. 1. Вычисленные значения параметров шероховатости соответствуют данным, полученным с помощью профилометра. Для глубокой сети доверия ошибка прогнозирования по параметру Ra лежит в интервале от 0,5 до 15 %.

Таблица 1

*Основные параметры шероховатости*

Параметр шероховатости	Реальные данные		Сгенерированные данные	
	№1	№2	№1	№2
Ra, мкм	8,7096	12,3541	6,7474	12,3855
Rz, мкм	6,1502	8,5214	2,8668	14,0178
Rmax, мкм	57,4275	48,1646	37,7836	52,7574
Sm, мкм	0,3658	0,8456	0,5101	1,2255
S, мкм	0,0758	0,0681	0,0723	0,0564
Tr, %	16,9137	26,2959	20,9871	15,5556

В табл. 2 представлены результаты расчета вероятностных параметров шероховатости в соответствии с разработанными алгоритмами.

Таблица 2

*Вероятностные параметры шероховатости*

Параметр шероховатости	Реальные данные		Сгенерированные данные	
	№1	№2	№1	№2
Lu, мкм	0,9222	1,1397	0,9681	0,6863
Qu, мкм	2,8122	2,166	1,938	1,19357
Rq, мкм	12,1945	14,6021	10,2719	16,4153
M(Lu)	0,7078	0,6616	0,711	0,6297
D(Lu)	0,0085	0,0115	0,0084	0,0137
M(Qu)	0,6038	0,0854	0,8601	0,0115
D(Qu)	6,2021	9,0173	4,3967	11,5176
M(Rq)	3,4921	3,8213	3,205	4,0516
D(Rq)	5,9482	8,5289	4,2205	10,7785
M(Ra)	9,7298	11,6508	8,1958	13,0975
D(Ra)	2,1567	3,0924	1,5303	3,9081
Nu	20	14	25	6
i	12	8	13	7

Из сравнения  $R_a$ , его математического ожидания  $M(R_a)$ ,  $R_q$  и уровня опорной линии  $u$  видно их малое расхождение, что косвенно подтверждает гипотезу о нормальности распределения. Количество пересечений с опорной линией  $u$  и длительность пребывания процесса над уровнем  $L(u)$  вместе со значением площади областей, ограниченных процессом, и горизонтальной прямой  $Q(u)$  позволяют судить о виде шероховатости поверхности, размерах выступов и впадин [1]. Математическое ожидание и дисперсия этих параметров позволяют понять их распределение на случайном процессе.

Полученные вероятностные значения параметров шероховатости соответствуют значениям основных параметров, полученным непосредственных измерением. Разработанные алгоритмы вычисления дополнительных функционалов предоставляют возможности изучения вероятностных параметров качества поверхности более глубоко.

Ошибка прогнозирования по вероятностным параметрам, например длительность пребывания процесса над уровнем для прогноза профиля, сгенерированного DBN, не превышает 5%. Таким образом, вероятностные параметры позволяют более точно сравнить спрогнозированный профиль с реальным профилем поверхности.

### **Заключение**

Для обеспечения полноты исследования профиля поверхности была исследована генеративная модель DBN и показано, что аппроксимация профиля шероховатости вероятностной моделью машинного обучения адекватно отражает вероятностно-статистическую природу исследуемых параметров качества поверхности.

Алгоритм обучения глубокой сети доверия позволяет обучить модель на меньшем количестве данных, что является актуальным при применении моделей машинного обучения при решении задач, где возможно получение датасета большого объема. Кроме того, DBN эффективно обучаются на данных сложной структуры.

Показано, что вероятностные параметры профиля шероховатости имеют большую точность в сравнении с основными параметрами и позволяют получить больше информации о профиле поверхности при исследовании качества поверхностного слоя детали.

### **Список литературы**

1. Хусу, А. П. Шероховатость поверхностей (теоретико-вероятностный подход) / А. П. Хусу, Ю. Р. Витенберг, В. А. Пальмов. – М. : Наука, 1975. – 343 с.
2. Синькевич, Ю. В. Вероятностно-статистическая оценка шероховатости поверхности электроимпульсно полированных деталей /

Ю. В. Синькевич, А. А. Гриневич, И. Н. Янковский // Вестник Белорусского национального технического университета. – 2011. – № 5. – С. 9-18.

3. Абрамов, А. Д. Исследование шероховатости поверхности бомбинированных роликов на основе анализа их автокорреляционных функций / Абрамов А.Д., Носов Н.В., Хаустов В.И. // Вестник СГАУ. Серия «Авиационная и ракетно-космическая техника». – 2009. – №3(19). С. 45-53.

4. Elangovan, M. Machine learning approach to the prediction of surface roughness using statistical features of vibration signal acquired in turning.// Procedia Computer Science. – 2015. – № 50. – pp. 282-288.

5. Wan-Ju Lin. Evaluation of deep learning neural networks for surface roughness prediction using vibration signal analysis// Applied Sciences. – 2019. – № 9. – 17 p.

6. Горбатов, И. В. Определение геометрической точности и шероховатости поверхности малогабаритных деталей круглого и квадратного сечения, получаемых в зависимости от расположения в рабочем пространстве принтера по технологии селективного лазерного плавления из стали марки 12X18H10T / И. В. Горбатов [и др.] // Вестник Концерна ВКО «Алмаз – Антей». – 2019. – С. 59-67.

7. Сапрыкин, А. А. Разделение технологических режимов лазерного спекания при формировании единичного спеченного слоя из металлического порошка / А. А. Сапрыкин, Н. А. Сапрыкина, Е. А. Ибрагимов //Аддитивные технологии: настоящее и будущее. Сборник докладов международной научной конференции, М. : ВИАМ – 2015. – С. 11.

8. Платформа для социальной журналистики, авторских публикаций [Электронный ресурс] : Deep Belief Networks – all you need to know. – Режим доступа: <https://medium.com/@icecreamlabs/deep-belief-networks-all-you-need-to-know-68aa9a71cc53>

9. Платформа для социальной журналистики, авторских публикаций [Электронный ресурс] : Deep Learning – Deep Belief Network (DBN). – Режим доступа: <https://medium.com/datadriveninvestor/deep-learning-deep-belief-network-dbn-ab715b5b8afc>

# Исследование процесса распознавания рукописных цифр полносвязной двухслойной нейронной сетью

М. И. Попов, e-mail: mihail\_semilov@mail.ru

Воронежский государственный университет

**Аннотация.** Рассмотрена задача распознавания рукописных цифр с помощью полносвязной двухслойной нейронной сети. В качестве обучающей и тестовой выборки использован набор MNIST. Оценена сложность распознавания каждой цифры и схожесть цифр между собой. Выявлена зависимость между количеством распознаваемых классов изображения, размером скрытого слоя и точностью распознавания.

**Ключевые слова:** полносвязная нейронная сеть, распознавание рукописных цифр, MNIST

## Введение

В современном мире нейронные сети находят все больше областей применения. Классической задачей, решаемой нейронной сетью традиционно считается распознавание изображений. Данная задача относится к задаче классификации. Сюда же можно отнести и распознавание речи, с чем также хорошо справляются нейронные сети. Другим классом задач являются задачи прогнозирования. Например, экономические прогнозы на уровень спроса, объем продаж, рост или падение акций. Сюда же можно отнести и анализ платёжеспособности клиента и риска предоставления ему кредита, и анализ надёжности фирмы и измерение вероятности её банкротства. Без ИНС трудно себе представить и обработку запроса в поисковых системах интернета. Отдельно следует отметить использование ИНС в медицине. Они становятся незаменимыми при постановке диагнозов многих заболеваний. Несмотря на повсеместное внедрение нейронных сетей, выбор архитектуры сети и оптимизация ее гиперпараметров представляют собой довольно трудоемкую задачу, решаемую, как правило, методами перебора [1, 2]. В данной работе проведено эмпирическое исследование процесса распознавания рукописных цифр полносвязной двухслойной нейронной сетью.

## 1. Исследование процесса распознавания рукописных цифр

Рассмотрим полносвязную двухслойную нейронную сеть [3]. Будем обучать ее на тренировочном наборе базы данных MNIST. В качестве функции ошибки выберем среднюю квадратичную ошибку (MSE). Оптимизировать веса будем с помощью стохастического градиентного спуска (SGD)[4]. В качестве функции активации в скрытом слое выберем гиперболический тангенс, а в выходном softmax. Скорость обучения (learning rate) положим равной 0,005 [5]. Проанализируем, как ошибки распознавания распределяются между цифрами. На рис. 1 изображен график процента ошибок при распознавании каждой цифры.

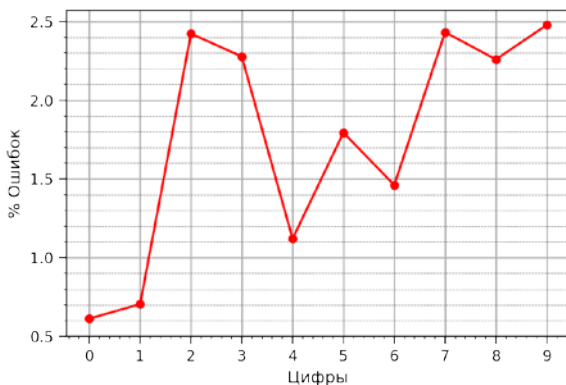


Рис. 1. Процент ошибок при распознавании цифр.

В вычислительном эксперименте размер скрытого слоя определим в 300 нейронов. При данных параметрах длительность обучения до наивысшей точности составит 95 эпох. В базе данных MNIST количество различных цифр не одинаково, поэтому количество ошибок берется по отношению к количеству соответствующих цифр в наборе данных. По графику видно, наибольшее число ошибок достигается при распознавании цифры 9, а наименьшее при определении 0. Расположим цифры в порядке возрастания сложности: 0, 1, 4, 6, 5, 8, 3, 2, 7, 9.

Далее проанализируем, какие цифры чаще всего предлагает сеть в случае ошибки. На рис. 2 представлен график частоты цифр в нераспознанных примерах. По-прежнему лидирует цифра 9, ее не только тяжело распознать, она также чаще всего предлагается сетью, в качестве ошибочного прогноза. Неожиданно 2 место заняла 4, не смотря на то, что она достаточно легко распознается. С наименьшей ошибкой прогнозируется цифра 1. Заметим, что на тренировочном наборе, сеть не ошибается ни разу.

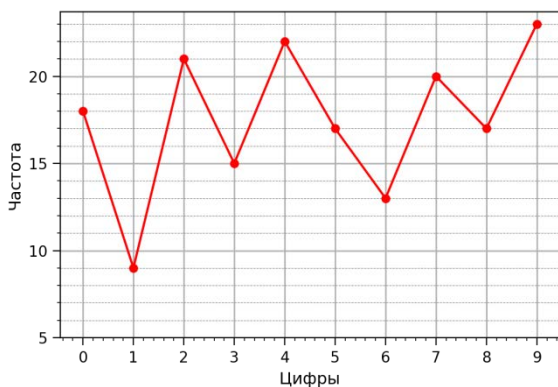


Рис. 2. Частота цифр в нераспознанных изображениях.

Анализ графиков 1-2 позволяет оценить сложность распознавания цифр. Расположим цифры в порядке возрастания сложности: 1, 0, 6, 5, 4, 2, 3, 7, 8, 9.

Определим наиболее и наименее похожие между собой цифры. Для этого в паре цифр посчитаем сколько раз одна распознала как другая. В табл. 1 выписаны некоторые пары.

Таблица 1

*Схожесть цифр при распознавании тестового набора*

Пары	1-4	2-5	0-1	0-8	5-6	2-8	7-9	3-5	4-9	2-7
Ошибки	0	0	1	4	8	9	10	13	14	16

По таблице мы видим, что чаще всего сеть путает цифры 2 и 7, 4 и 9, а также, что сеть никогда не путает цифры 1 и 4, 2 и 5. Теперь становится понятным, почему на рис. 2 цифра 4 занимает 2 место.

Схожесть цифр мы можем определить следующим образом. Обучим сеть только на 2 цифрах, тогда мерой схожести станет ошибка разделения на классы. В силу не равного количества изображений каждой цифры, будем использовать относительную ошибку. Будем варьировать размером скрытого слоя и числом эпох обучения, для достижения наибольшей точности. Результаты расчетов представлены в табл. 2.

Таблица 2

*Схожесть цифр при распознавании 2 классов*

Пары	1-4	0-1	0-8	5-6	2-8	7-9	3-5	4-9	2-7
% ошибок	0.09	0.05	0.4	0.75	0.54	0.83	0.52	1	0.82

Данные табл. 1 и табл. 2 не совпадают, вследствие влияния остальных цифр. Тем не менее, они хорошо коррелируют между собой. Наименее похожими являются 0 и 1, что вполне отвечает интуитивному представлению. Человеку легко спутать 4 и 1, но для сети они наименее похожие. Интересно, что наиболее похожими становятся 4 и 9. Человек вряд ли спутал бы эти цифры. Данные таблиц 1 и 2 показывают, что в процессе распознавания сеть не идентифицирует отдельные элементы изображения, такие как закругления, хвостики и прямые линии. В связи с этим, точность распознавания в данной архитектуре ограничена. Без умения распознавать данные элементы, достигнутая точность в 98.25% кажется немислимой.

При распознавании 2 классов средняя ошибка распознавания составляет 0.55% (табл. 2), тогда как на полном наборе она достигает 1.75%. Проследим, как меняется ошибка при увеличении числа распознаваемых классов (рис. 3).

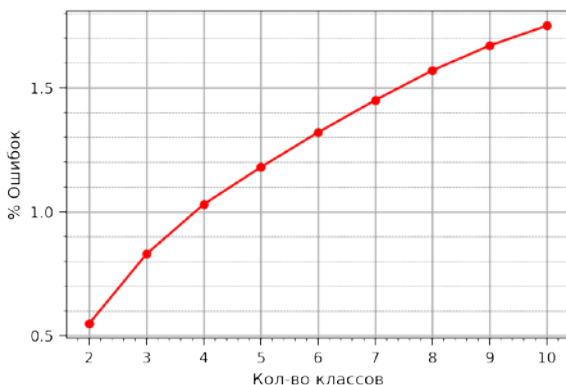
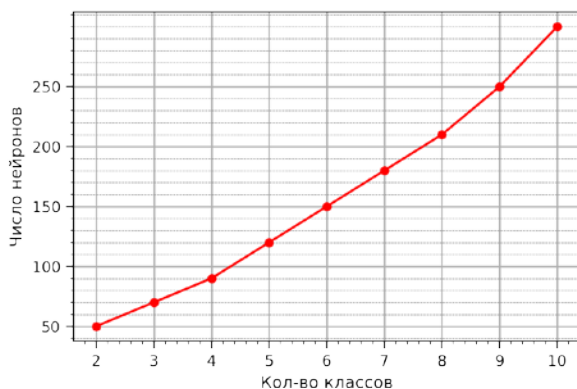


Рис. 3. Зависимость ошибки от числа распознаваемых классов.

Для достижения максимальной точности при увеличении количества распознаваемых классов необходимо увеличивать размер скрытого слоя. На рис. 4 представлен график изменения размера скрытого слоя от числа распознаваемых классов.



*Рис. 4.* Зависимость размера скрытого слоя от числа распознаваемых классов

Для разделения изображений на классы можно применять различные сети, содержащие меньше классов, чем требуется. Например, можно разделить все изображения цифр на 2 класса, потом еще на 2 и т. д. По графику 3 видно, что с увеличением числа классов прирост ошибки уменьшается. Данная тенденция позволяет сделать предположение о том, что нейронная сеть, содержащая много классов, покажет большую эффективность, чем последовательное применение нескольких сетей с меньшим числом классов. Это предположение подтверждается вычислительными экспериментами. Более того, расчеты показывают невозможность увеличить точность в спорной ситуации за счет 2х-классовых сетей.

### Заключение

Мы изучили процесс распознавания рукописных цифр с помощью полносвязной двухслойной нейронной сети. Выяснили, что цифры 1 и 0 распознаются легко, а 2, 7 и 9 сложнее. В качестве неверного прогноза сеть чаще всего выдает 4 и 9.

Анализ схожести цифр показал нам, что нейронная сеть не оперирует такими понятиями как прямая линия, закругление, волнистая линия, и, тем не менее, достигает высокой точности в процессе распознавания.

Исследование разделения изображений по различным классам позволило оценить размер скрытого слоя необходимый для эффективного распознавания. Замедление роста ошибки при увеличении количества классов свидетельствует об эффективности сетей содержащих много классов.



### Список литературы

1. Николенко С.И. Глубокое обучение / С.И. Николенко, А. Кадурин, Е. В. Архангельская. – СПб.: Питер, 2018. – 480 с.
2. Гудфеллоу Я. Глубокое обучение / Я. Гудфеллоу, И. Бенджио, А. Курвилль; пер. с англ. А. А. Слинкина. – 2-е изд., испр. – М.: ДМК Пресс, 2018. – 652 с.
3. Рашид Т. Создаем нейронную сеть / Т. Рашид; пер. с англ. – СПб.: ООО “Альфа-книга”, 2017. — 272 с.
4. Траск Э. Грокаем глубокое обучение / Э. Траск – СПб.: Питер, 2019. – 352 с.
5. Попов, М. И. Анализ многослойной полносвязной нейронной сети прямого распространения для распознавания рукописных цифр / М. И. Попов, Е. Н. Ковалева // Материалы LX отчетной научной конференции преподавателей и научных сотрудников ВГУИТ за 2021 год : в 3 частях, под ред. О.С. Корнеевой; Воронеж. гос. ун-т инж. технол. (Воронеж, 08–09 февраля 2022 г.) – Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2022. – Ч. 2. – С. 79.

## **Вопросы восстановления промежуточных значений амплитуд между характерными точками после структуризации входного потока**

В. С. Родионов, email: tuukvadim@live.com  
Н. Е. Балакирев, email: balakirev1949@yandex.ru

Московский авиационный институт  
(национальный исследовательский университет)

**Аннотация.** *В рамках изложенных материалов поднимается вопрос синтеза участков промежуточных значений в рамках структуризации, а именно – аппроксимация функции синуса, её интерполяция и экстраполяция.*

**Ключевые слова:** *аппроксимация, интерполяция, экстраполяция, структуризация.*

### **Введение**

В рамках структуризации потока амплитуд вскрывается его структура через первоначальные принятые структуры: ПРИМИТИВЫ и УНИПРИМЫ, или так называемые первичные паттерны [1]. Всё это приводит к обобщению информационного содержания рассматриваемого потока значений волны. Обратной задачей является восстановление потока амплитуд, которое может быть произведено различными способами. Для информационного содержания звуковой информации (аудио файл) способ восстановления не имеет решающего значения, так как при воспроизведении, используя разные способы, трудно было различить исходную информацию от восстановленной информации. Но подобный взгляд на восстановление, применяемый для другого типа повторяющегося потока информации в цифровой форме, может быть чувствителен к способу восстановления значения амплитуд [4]. Здесь необходимо ориентироваться на свойства множества функций, из которых необходимо с учетом этих свойств выбрать одну или несколько таких функций. Критерием такого выбора будет та функция, которая позволяет получать наиболее близкие значения по отношению к исходным значениям, на основе которых производилась структуризация. Все эти вопросы обсуждаются в представленной статье.

## 1. Дискретное представление функции между характерными точками

При оцифровке физических данных, которая применяется практически повсеместно, мы получаем поток дискретных значений, который аппроксимирует непрерывную функцию поведения волны. В таком случае свойства непрерывной функции должны найти свое проявление в её дискретном представлении. В нашем рассмотрении такое представление подвергается структуризации, при которой на первоначальном этапе мы сохраняем так называемые характерные точки и количество отсчетов между ними. Таким образом, мы теряем промежуточные значения, которые необходимо восстановить, решая обратную задачу синтеза потока из структуры. И вот здесь возникает задача выбора непрерывной функции наиболее близко восстанавливающей значения амплитуд по отношению к исходному потоку. С учетом выбора такой функции возможно вычисление дискретных значений для каждого промежуточного отсчета между характерными точками.

Но следует заметить, что сам поток значений на практике не является стационарным, а отсюда конкретный выбор функции может опираться только на отдельно выделяемый участок. Таким образом, для каждого участка мы можем иметь собственный вариант функции, которая наиболее точно отражает поведение физической волны в данных пределах участка. Но характер оцифровываемой информации является общим для конкретного вида периодической волновой информации, что отражается на свойствах целого множества подобных по свойствам функций, которые применимы для определенного типа поведения волны [3].

Например, для звуковых волн наряду с общим свойством непрерывности характерны выпуклость, и более резкое изменение значения амплитуды возле нуля и более плавное возле точки максимума. Наиболее близким по характеру поведения является набор функций, относящихся к синусам и косинусам [6].

Наряду с эмпирическими способами восстановления промежуточных значений звуковой волны между характерными точками были апробированы следующие способы восстановления по функции синус в трех вариациях:

- с использованием стандартной аппроксимирующей функции SIN;
- с использованием таблиц Брадиса [2] [7];
- с использованием модифицированной таблицы Брадиса, учитывающей количество рассматриваемых отсчетов [2].

При переходе к анализу других типов волн необходимо рассмотреть возможность использования других классов функций исходя из ограничений, накладываемых размерностью дискретного представления и наличием правил структуризации. Определенные правила структуризации потока значения амплитуд вкупе с дискретным представлением функции поведения выделяет определенный коридор допустимых значений для любого возможного представления непрерывной функции. В качестве примера взят отрезок для характерных точек звукового потока, для которого значение амплитуды изменяется в пределах 256 значений (рис.1). Этот коридор отмечен областью желтых клеточек, обрамленная красным контуром клеточек, которые также входят в эту область. Зеленым выделена последовательность клеточек, в которых вычисляется значение на основе функции синуса. Розовая линия является полосой симметрии внутри сегмента, а каждый из сегментов I, II, III и IV может основой рассмотрения поведения функции [5], прокладываемой «путь» относительно сектора I от оси OX до соответствующей характерной точки.

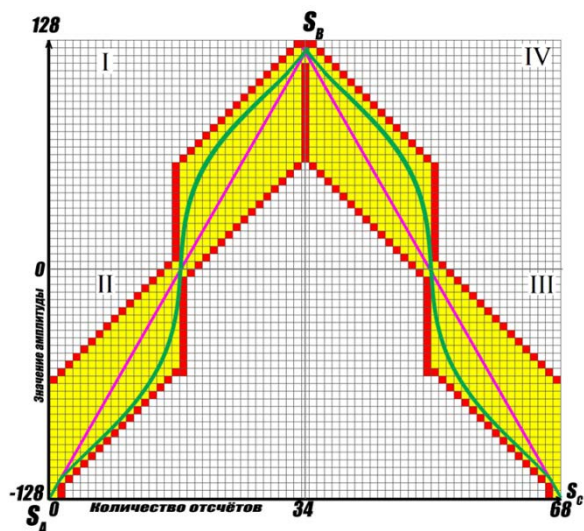


Рис. 1. Области допустимых значений.

Рамками данного коридора являются разница между значениями характерных точек по вертикали, где фиксируется значение амплитуды и количество отсчетов между характерными точками. Восстановление по

факту должно обеспечить значение амплитуды для каждого отсчета без нарушения принципов структуризации. В таком случае могут стоять две задачи:

- определить число «путей» в виде значения амплитуд от первой характерной точки  $S_A$ , до второй  $S_B$ , либо симметрично от точки  $S_B$  до точки  $S_C$ ;
- выбрать характерную функцию, используя которую возможно восстановить промежуточные значения близкие по значению к исходным.

## 2. Наиболее характерны свойства, определяемые коридором значений

Далее мы будем предполагать, исходя из законов симметрии, что анализ производится относительно одного из 4 сегментов и экстраполяция рассматривается в рамках этого сегмента. Для определенности будем рассматривать I сектор. Безусловно, трудно определить вид такой функции, относительно которой определяются (экстраполируются) дискретные значения, не прибегая к интерполяции исходных значений. Но, после структуризации у нас отсутствует такая возможность и экстраполировать приходится исходя из других соображений.

Рассмотрим в выбранном сегменте «характеры» путей от исходной точки до конечной, а затем свяжем свойства этого пути со свойствами непрерывной функции, так как в конечном итоге мы должны выбрать вид непрерывной функции. Кроме этого, выделив определяемые свойства в соответствующем секторе, мы их различные комбинации распространим на оставшиеся сектора и, предполагая возможные комбинации для каждого из секторов, получим возможный пакет функций на все четыре сектора. И так зафиксируем следующее:

**Первое свойство (A)** - связано с тем, что мы должны иметь значение для каждой точки отсчета. Для экстраполирующей функции это означает непрерывность и скорей всего это распространяется на все четыре сегмента.

**Второе свойство (B)** (выпуклости и вогнутости) - связано с «путем» движения относительно полосы симметрии. Если мы «движемся» с левой стороны в I сегменте, то это будет выпуклая функция, а если справа, то вогнутая функция. Понятно, возможны смешанные варианты движения то по выпуклой, то по вогнутой траектории, но мы этот случай пока будем считать маловероятным. Такая траектория аналогична свойству выпуклости или вогнутости непрерывной функции.

**Третье свойство (C)** (характер последовательности изменения приращения) - проглядываемое из рисунка, вытекает из того, как изменяется приращение значения амплитуды на тех или иных участках между рассматриваемыми точками. Для функции синуса характерно большее приращение в области приближенной к нулевому значению и минимальное приращение с приближением максимального значения. Возможно и обратное соотношение минимальное приращение в начале и максимальное в конце «пути». Так или иначе функция приращения должна быть либо возрастающей или убывающей. Кроме этого с учетом правил структуризации приращение не должно быть нулевым. Т.е. соседние значения амплитуд должны всегда различаться. Данное свойство, распространяемое на все сектора, является обязательным, также, как и свойство I, но не выделяется в качестве свойств функции, так как оно опять же связано с правилами структуризации.

**Четвертое свойство (D)** (равномерность изменения приращения) - связано со вторым и говоря в общем, не предполагает смешанный вариант изменения приращения, т.е. равномерность функции приращения. Для непрерывной функции предполагается и непрерывность производной или её гладкость.

Вполне можно предположить возможное комбинаторное распространение этих свойств по секторам, но тогда интерполяция производится по разным функциям, если они не симметричны как функция синуса, относительно горизонтальной оси [8].

Обозначая наличие свойства знаком плюс «+», а его отсутствие знаком «-» и считая, что левая позиция из последовательности трех знаков означает свойство B, средняя C и правая свойство D, в соответствии с имеющимся рисунком 1, можно комбинаторно предположить следующие возможные варианты восстановления промежуточных участков от  $S_A$  до  $S_B$  и от  $S_B$  до  $S_C$  в виде следующей таблицы.

Таблица

*Комбинаторный вариант восстановления промежуточных участков*

№/С	I	II	III	IV
1	+++	+++	+++	+++
2	+++	+++	+++	++-
	.	.	.	.
3705 Sin	+++	--+	+++	--+
.	.	.	.	.
4095				
4096	---	---	---	---

Как следует из таблицы количество возможных комбинаций достаточно велико. И с одной стороны, теоретически следует рассмотреть возможность те или иных комбинаций, а с другой стороны, используя структуризацию потока значений, можно заполнять эту таблицу при наличии такого прецедента. Отдельно следует рассмотреть комплекс разрывных функций, которые в дискретной оцифровке можно рассматривать как отсутствие значений (результата), что вполне согласуется с практикой. Имея такой взгляд на восстановление промежуточных значений, мы вполне осознанно можем производить такие действия. С другой стороны, таблица дает нам возможность классификации получаемых потоков волновых физических процессов при использовании инструмента структуризации и может быть автоматизирована на основе достаточно несложных алгоритмов.

### **Заключение**

В результате рассмотрения вопросов связанных с восстановлением промежуточных значений между характерными точками удалось систематизировать вопросы выбора исходной функции для восстановления этих промежуточных значений. Предложены свойства, в соответствии с которыми выбираются непрерывные аналитические для экстраполяции числовых значений. Рассмотрение предложенных свойств через призму четырех симметричных секторов позволило получить таблицу возможных ситуаций, которые потенциально могут возникнуть при фиксации оцифрованных физических проявления волн. Привзляется специфический ракурс рассмотрения и изучения волн через призму свойств, образующих своеобразную систему. Дальнейшие исследования будут вестись прежде всего в практическом ключе, так как для этого имеются все необходимые инструменты, а получаемые результаты будут обобщаться.

### **Список литературы**

1. Структуризация и качественное рассмотрение звукового потока в системе синтеза и анализа речи / Н. Е. Балакирев [и др.] // Программные продукты и системы. – 2018. – №4. – С. 768-776.
2. Два метода восстановления промежуточных значений между характерными точками и их сравнение / В. С. Родионов [и др.] // Информатика: проблемы, методы, технологии: сборник материалов XXI Международной научно-методической конференции – 2021. – С. 575 – 585.
3. Вейвлет-анализ: основы теории и примеры применения / Н. М. Астафьева // Успехи физических наук. – 1996. – №11. – С. 1145-1170.

4. Сергиенко, А.Б. Цифровая обработка сигналов / А. Б. Сергиенко – М. : Питер, 2003. – 608 с.
5. Романовский, П.И. Ряды Фурье. Теория поля. Аналитические и специальные функции. Преобразование Лапласа. / П. И. Романовский – Главная редакция физико-математической литературы изд-ва «Наука» – М. : Физматгиз, 1973. – 304 с.
6. Мелентьев, П. В. Приближенные вычисления / П. В. Мелентьев – М. : Госиздательство физматлитературы, 1962. – 388 с.
7. Брадис, В. Четырёхзначные математические таблицы для средней школы / В. Брадис – М. : Учпедгиз, 1953. – 64 с.
8. Валиулин, А. Ф., Лингвистический метод определения характеристик нестационарных случайных процессов / А. Ф. Валиулин, В. Н. Тюрин – М. : Москва, 2000. – 85 с.



# Проектирование базы данных реестра фейковых сайтов организаций

В. А. Смирнов, email: v.a.d.i.m@bk.ru <sup>1</sup>  
А. Н. Привалов, email: privalov.61@mail.ru <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ивановский государственный университет (Шуйский филиал)

<sup>2</sup> Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого

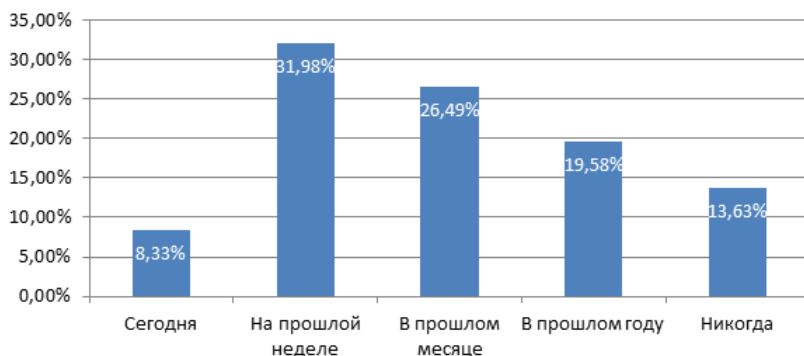
**Аннотация.** *В данной работе анализируется возникновение угроз информационной безопасности, связанное с распространением QR-кодов. Как средство борьбы с фейковыми QR-кодами предлагается внедрение списков запрещенных ресурсов, основанных на загрузке информации из реестров. Рассматривается процесс создания базы данных для реестра фейковых сайтов организаций, в том числе: анализ требований, создание структуры и построение SQL-запросов.*

**Ключевые слова:** *реестр запрещенных сайтов, информационная система, структура базы данных, SQL-запросы, анализ требований.*

## Введение

Повсеместным стало распространение передачи информации при помощи QR-кодов (двухмерных штрих-кодов (бар-кодов), предоставляющих информацию для быстрого ее распознавания с помощью камеры на мобильном телефоне [1]). В настоящее время QR-коды предоставляют возможность оплаты счетов по определенным реквизитам при помощи системы быстрых платежей [2]. Активное внедрение QR-кодов для оплаты товаров и услуг предназначено для снижения вероятности ошибки из-за человеческого фактора, связанного с некорректным вводом платежных данных, суммы покупки и т. д. В последнее время QR-коды активно используются и как средство аутентификации [3].

Данные опроса, проведенного в сентябре 2020 года [4], о том, когда респонденты в последний раз сканировали QR-код, представлены на рис. 1. Подобное распределение говорит о высокой распространенности QR-кодов в бытовой жизни пользователей смартфонов.



*Рис. 1.* Доля респондентов, давших указанный ответ на вопрос о QR-кодах

Обратной стороной распространения QR-кодов является возникновение новых угроз информационной безопасности. При вводе какой-либо ссылки вручную или при переходе по ней на компьютере пользователь может обратить внимание на опечатки, которые служат признаками поддельности ресурса [5]. Исходя из приведенного выше определения, QR-коды предназначены для чтения их со смартфона, адресная строка которых может вместить существенно меньшее количество текста, поэтому оценка подлинности ресурса стала сложнее, что приводит к возникновению нового способа информационной атаки, связанной с применением QR-кодов.

В китайской социальной сети Weibo хакеры распространяли фишинговые QR-коды под предлогом раздачи бесплатных игровых аккаунтов [6]. В дальнейшем, после ввода пользователем по закодированной ссылке своих логина и пароля, скомпрометированные аккаунты использовались для распространения рекламы с непристойными материалами. Другой вариант использования фейковых QR-кодов стал популярен во время пандемии. Созданные мошенниками QR-коды были предназначены для перехода на фейковый сертификат о вакцинации [7].

Защита от фейковых QR-кодов различается в зависимости от целей мошенника. Например, если его целью является попытка продать поддельный продукт вместо легального, то производителем может наноситься на подлинный продукт QR-код со встроенным цифровым водяным знаком или шаблоном обнаружения копирования [8].

Одним из более универсальных методов защиты от поддельных ресурсов является внедрение в пользовательские устройства механизма

блокировки при помощи «черных списков». В этом случае Интернет-ресурс, включенный в перечень запрещенных ресурсов, станет недоступен на устройстве пользователя. Поскольку поддельные ресурсы создаются ежедневно, данный перечень должен иметь возможность обновления из открытых источников. Такими источниками могут служить реестры фейковых сайтов, основанные на базах данных, которые позволяют хранить, обрабатывать и предоставлять по запросу информацию об Интернет-ресурсах. В связи с этим, актуальной становится научная задача проектирования базы данных реестра фейковых сайтов организаций.

## 2. Проектирование структуры базы данных

Созданию структуры базы данных предшествует построение требований к функционалу реестра фейковых сайтов. Одним из средств формализации требований является UML-диаграмма вариантов использования. Построенная в процессе работы диаграмма для реестра фейковых сайтов организаций представлена на рис. 2.

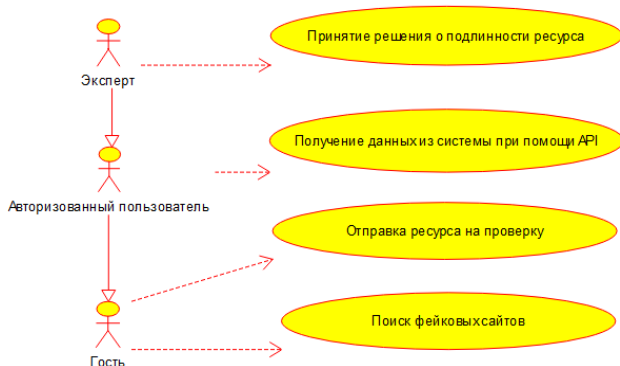


Рис. 2. Диаграмма вариантов использования реестра

Исходя из предположенных вариантов использования системы и на основе анализа сходных Интернет-ресурсов (например, PhishTank) была разработана структура базы данных реестра. Реляционная модель базы данных реестра фейковых сайтов организаций представлена на рис. 3.

В этой базе предусмотрено хранение аккаунтов пользователей (users), данных о фейковых сайтах в реестре (sites), о результатах оценки сайтов экспертами (votes), текущем состоянии сайта – работает, заблокирован хостинг-провайдером и др. (status), статистике обращений к реестру при помощи ключа API (stats). Последняя таблица необходима

для более детального анализа объема использования реестра в будущих исследованиях.

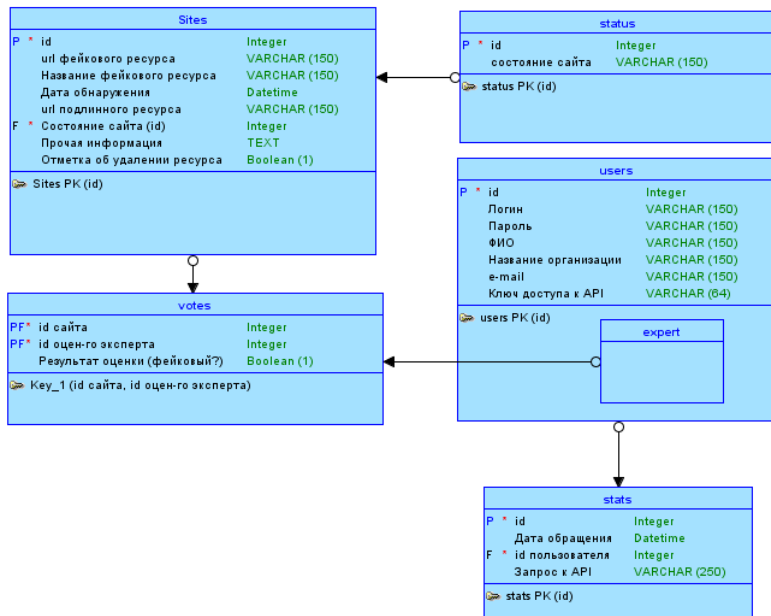


Рис. 3. Структура базы данных реестра

### 3. Построение запросов на языке SQL

Следующим необходимым этапом для использования спроектированной базы данных является создание представлений и построения запросов манипулирования данными. При этом различные команды для получения данных на языке SQL связаны с применением операций реляционной алгебры. В частности, запрос для получения списка сайтов, признанных фейковыми, на языке реляционной алгебры будет состоять из двух частей и выглядеть следующим образом:

1) Представление, позволяющее выделить идентификаторы сайтов, которые не менее трех экспертов признали фейковыми:

$$FAKE\_SITES = \rho_{site\_id, id} \left( \sigma_{SUM(result) \geq 3} \left( \gamma_{site\_id, SUM(result)} \left( \sigma(VOTES) \right) \right) \right) \quad (2)$$

2) Основной запрос:

$$\rho_{STATUS.name, status} \left( \pi_{SITES.url, SITES.name, STATUS.name, SITES.dr, SITES.original} \left( \sigma_{FAKE\_SITES.id = SITES.id} \left( \left( \left( \sigma_{STATUS.id=SITES.status\_id \wedge SITES.visible=1} \left( \begin{matrix} SITES \\ \times \\ STATUS \end{matrix} \right) \right) \right) \times \right) \right) \right) \right) \quad (3)$$

Как показано выше, при получении данной выборки используется представление для получения id сайтов, которые были признаны фейковыми как минимум тремя экспертами. После этого отбираются данные сайтов, входящих в указанное множество идентификаторов. Ограничение количества выводимых сайтов и постраничный вывод данных обеспечивается при помощи оператора LIMIT.

Основываясь на полученных выражениях реляционной алгебры, можно построить соответствующие команды на языке SQL. Таким образом, выборка полного списка сайтов может быть осуществлена с помощью запросов на рис. 4-5.

```
CREATE VIEW fake_sites AS (
    SELECT `site_id` AS `id`
    FROM `votes` GROUP BY `site_id`
    HAVING SUM(`result`) >= 3)
```

Рис. 4. Представление для получения идентификаторов сайтов, которые не менее трех экспертов признали фейковыми

```
SELECT `url`, `sites`.`name`,
    `status`.`name` AS `status`, `dt`,
    `original`, `other`
FROM `sites`, `status`, `fake_sites`
WHERE (`status`.`id` = `sites`.`status_id`)
    AND (`sites`.`visible` = '1')
    AND (`sites`.`id` = `fake_sites`.`id`)
```

Рис. 5. Запрос для получения списка сайтов, признанных фейковыми

На странице поиска сайтов в SQL-команду добавляются дополнительные условия, построенные с использованием MySQL-команды INSTR. При помощи этого обеспечивается фильтрация выводимых ресурсов по введенным пользователем URL-адресу (или

части адреса) фейкового сайта, названию, URL-адресу (или части адреса) подлинного сайта.

Другой задачей при организации взаимодействия приложения с базой данных реестра фейковых сайтов организаций является построение запроса для вывода перечня сайтов в личном кабинете эксперта. Результаты построения целесообразно представить на языке реляционной алгебры в трех частях:

1) Вложенный подзапрос – идентификаторы сайтов, за которые уже проголосовал эксперт:

$$VOTES\_EXPERTS = \rho_{site\_id.id} \left( \pi_{site\_id} \left( \sigma_{user\_id="{\$id}"}(VOTES) \right) \right) \quad (4)$$

2) Вложенный подзапрос – идентификаторы сайтов, за которые ещё не проголосовал эксперт:

$$UNVOTES\_EXPERTS = \pi_{id} \left( \sigma_{visible="1"}(SITES) \right) - VOTES\_EXPERTS \quad (5)$$

3) Основной запрос:

$$\rho_{\sigma^0, verified} \left( \pi_{SITES.id, SITES.url, SITES.name, SITES.status\_id, SITES.dt, SITES.original, SITES.other} \left( \sigma_{SITES.id = UNVOTES\_EXPERTS.id} \left( \begin{array}{c} SITES \\ \times \\ UNVOTES\_EXPERTS \end{array} \right) \right) \right) \cup \left( \rho_{\sigma^1, verified} \left( \pi_{SITES.id, SITES.url, SITES.name, SITES.status\_id, SITES.dt, SITES.original, SITES.other} \left( \sigma_{SITES.id = VOTES\_EXPERTS.id} \left( \begin{array}{c} SITES \\ \times \\ VOTES\_EXPERTS \end{array} \right) \right) \right) \right) \quad (6)$$

Реализация в базе данных MySQL основного запроса представлена на рис. 6. При этом стоит учитывать, что MySQL не поддерживает оператор MINUS.

После упрощения данного запроса за счёт использования встроенных средств MySQL для вывода перечня сайтов в личном кабинете эксперта используется запрос на рис. 7.

В зависимости от значения столбца verified сайт будет отображаться в личном кабинете эксперта как проверенный сайт или как ресурс, требующий оценки. Дальнейший вывод и форматирование данных осуществляется средствами приложения, работающего с базой данных. В случае реестра фейковых сайтов организаций наиболее подходящей формой реализации такого приложения является web-сайт,

то есть использование языка разметки HTML, языка оформления CSS, языков программирования JavaScript и PHP.

```
SELECT `sites`.`id`, `sites`.`url`,
       `sites`.`name`, `sites`.`status_id`, `sites`.`dt`,
       `sites`.`original`, `sites`.`other`, 0 as `verified`
FROM sites, (
    SELECT `id` FROM `sites`
    WHERE (`visible`='1') AND
          (`id` NOT IN (
                SELECT `site_id` AS `id`
                FROM `votes` WHERE `user_id`='{ $id }')
            )
    ) AS unvotes_experts
WHERE `sites`.`id` = unvotes_experts.id
UNION
SELECT `sites`.`id`, `sites`.`url`, `sites`.`name`,
       `sites`.`status_id`, `sites`.`dt`,
       `sites`.`original`, `sites`.`other`, 1 as `verified`
FROM sites, (
    SELECT `site_id` AS `id` FROM `votes`
    WHERE `user_id`='{ $id }'
    ) AS votes_experts
WHERE `sites`.`id` = votes_experts.id
```

*Рис. 6.* Запрос для получения списка сайтов для оценки экспертом

```
SELECT `id`, `url`, `name`, `status_id`,
       `dt`, `original`, `other`,
       IF (`id` NOT IN (SELECT `site_id` AS `id`
                       FROM `votes`
                       WHERE `user_id`='{ $id }'
                       ),
          '0', '1') AS `verified`
FROM `sites`
WHERE (`visible` = '1')
ORDER BY `verified`, `id`
```

*Рис. 7.* Сокращенный запрос для получения списка сайтов для оценки экспертом

## Заключение

Предложенная структура базы данных и запросы к ней могут быть использованы при создании реестра фейковых сайтов организаций. Использование такого реестра в качестве источника информации для защитных антифишинговых решений позволит повысить степень защиты пользователей от информационных угроз фейковых сайтов организаций.

## Список литературы

1. Рыжко, К. В. Использование информационно-коммуникационных технологий на уроке географии // От цифровизации к цифровой трансформации : Материалы VI Международной научно-практической конференции, Миасс, 28 января 2022 года. – Челябинск: Челябинский институт развития профессионального образования, 2022. – С. 229-232.
2. Оплата по QR-коду: как это работает и кому подходит [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://sbsi.ru/articles/retail/oplata\\_po\\_qr\\_kodu\\_kak\\_eto\\_rabotaet](https://sbsi.ru/articles/retail/oplata_po_qr_kodu_kak_eto_rabotaet)
3. Вход с двухфакторной аутентификацией QR код - QR code [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://yandex.ru/support/id/authorization/twofa-login.html>
4. When was the last time you scanned a QR code? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.statista.com/statistics/199334/us-qr-code-scanners-last-time-scanned/>
5. Привалов, А. Н. Метод нечеткого сравнения строк для обнаружения фейковых сайтов / А.Н. Привалов, В.А. Смирнов// Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2022. – № 2. – С. 184-191.
6. Китайский техногигант Tencent подвергся атаке с использованием фишинговых QR-кодов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.securitylab.ru/news/532539.php>
7. Штраф или срок грозит за фейковый QR-код. Нарушителей спасет только человеческий фактор [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://360tv.ru/tekst/obschestvo/shtraf-ili-srok-grozjat-za-fejkovyj-qr-kod-narushitelej-spaset-tolko-chelovecheskij-faktor/>
8. QR код - QR code [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://ru.zahn-info-portal.de/wiki/QR\\_code#Counterfeit\\_detection](https://ru.zahn-info-portal.de/wiki/QR_code#Counterfeit_detection)



# Алгоритмы выбора и сопоставления признаков векторов цифровых изображений на основе анализа локальных экстремумов

М. Т. Тухтасинов, email: mumtozali@yahoo.com  
М. М. Тулкиналиева, email: madina20042708@gmail.com

Наманганский инженерно-строительный институт

**Аннотация.** В статье предлагаются новые алгоритмы выделения распознаваемых признаков одномерных векторов, полученных из цифровых изображений, и их сравнения. Векторы хранят один байт, то есть значения в диапазоне  $0 \div 255$ , взятые из изображения в градациях серого. В качестве идентификационных признаков были взяты признаки холмов, расположенных в интервалах локальных минимумов вектора. В частности, берется площадь выбранного холма, его ширина, координата локального максимума, расположенного на этом холме и т.д.

**Ключевые слова:** цифровое изображение, одномерный вектор, локальные экстремумы, холмы вектора, идентификационные признаки, сравнение.

## Введение

В настоящее время существует множество научных и практических задач, связанных с обработкой и распознаванием цифровых изображений. В частности, биометрическая идентификация человека [1, 2, 9], распознавание автомобильных номеров [3], автоматическое чтение текстов на изображениях [4], анализ астрономических изображений [5] и др. На сегодняшний день в этой научной области разработаны ряд методы и алгоритмы, в частности, позволяющие распознавать цифровые изображения [1,6,7]. В свою очередь, они улучшаются.

Мы также проводили исследования в этом направлении и добились определенных результатов. В нашем исследовании были разработаны алгоритмы сравнения значений одномерных векторов  $A$  и  $B$ , то есть массивов. Одномерные векторы столбцов или строк цифровых изображений берётся в виде массива. Векторы хранят один байт, то есть значения в диапазоне  $0 \div 255$ , взятые из изображения в градациях серого. В качестве признаков приняты характеристики холмов, расположенных в области границ локальных экстремумов вектора. Существуют

различные методы и способы определения экстремумов [8]. В разработанном алгоритме мы также использовали специальную версию обнаружения экстремумов.

### **1. Формирование векторов из цифрового изображения**

Обычно, цифровые изображения формируются в цветовой шкале RGB (красный, зеленый, синий). Однако для решения научных и практических задач, связанных с изображениями, в большинстве случаев цветные изображения преобразуются в полутонового [1,7]. При этом цветовой диапазон сокращается с 16,7 млн. до 256, что немного упрощает расчеты. Мы следовали той же процедуре в нашем исследовании. В качестве примера мы взяли полутоновое изображение лица (рис. 1).



*Рис. 1.* Полутоновое изображение лица

На протяжении всего нашего исследования мы будем работать с одномерными векторами. Поэтому мы извлекаем одномерные векторы из столбцов и строк цифровых изображений. Предположим, что ширина изображения равна  $W$ , а высота  $H$  пикселей, тогда будем формировать  $W$  векторов длины  $H$  по столбцам, т.е. по вертикали. То есть 1-й вертикальный вектор длины  $H$  генерируется из пикселей в столбце 1, 2-й вертикальный вектор длины  $H$  генерируется из пикселей в столбце 2 и т.д., и, наконец,  $W$ -й вертикальный вектор длины  $H$  генерируется из пикселей в  $W$ -й столбце. В том же порядке формируем по строкам  $H$  горизонтальных векторов длины  $W$ . Таким образом, из изображения размером  $W \times H$ ,  $W$  по вертикали,  $H$  по горизонтали можно сформировать  $W+H$  одномерные векторы. Например, графическое представление значений вектора, полученного из строки 12 (горизонтальной) изображения на рис. 1, показано на рис. 2.

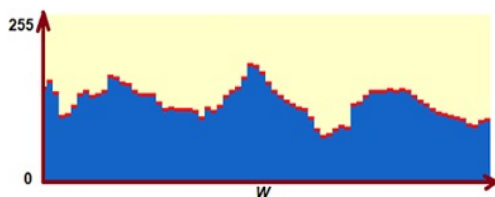


Рис. 2. Графическое представление значений вектора

## 2. Идея для извлечения идентификационных признаков вектора

Как известно, сходство формы векторов можно определить разными способами. Существует несколько методов сравнения, таких как расчет коэффициента корреляции [1], хи-квадрат [9] и др.

Предлагаемый нами метод рассматривает возможность сравнения вектора (или графа) на сходство по форме. В качестве идентификационных признаков берутся характерные признаки холмов, находящиеся в пределах локального минимума ( $L_V^{\min}$ ) значений вектора  $V$ . В частности, берется площадь выбранного холма -  $s_h$ , его ширина -  $w_h$  и координата локального максимума -  $L_h^{\max}$ , расположенного на этом холме. На рис. 3 мы можем визуальнo увидеть эти параметры для одного холма, взятого из вектора, показанного на рис. 2.

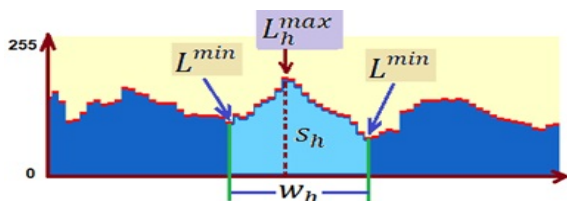


Рис. 3. Признаки для одного выбранного холма

Для всех холмов вектора  $V$  определены те же признаки, что и в этом примере. В дальнейшем решается задача сравнения векторов по этим признакам.

## 3. Алгоритм извлечения векторных признаков

Для определения признаков холмов вектора  $V$  был разработан следующий алгоритм.

«Алгоритм извлечения векторных признаков» состоит из следующих шагов:

- 1) В  $N$ -мерном векторе  $V$  определяется среднее значение, то есть:

$$T = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N V_i . \quad (1)$$

2) Определяем места «возрастание» и «понижение» вектора. То есть определяем левый и правый края холма на средней оси  $T$ . Мы присваиваем эти местоположения другому массиву  $C$ . То есть:

$$C_k = \begin{cases} 1, & \text{if } V_k \leq T \text{ and } V_{k+1} > T, \\ 2, & \text{if } V_k > T \text{ and } V_{k+1} \leq T. \end{cases} \quad (2)$$

где 1 – «возрастание», 2 – «понижение»,  $k \in [0, N]$ .

3) Для каждого холма находим локальные максимумы между 1 и 2. Мы можем указать расположение локальных максимумов цифрой 1 в массиве  $M^{\max}$ . То есть:

$$M_l^{\max} = 1, \quad (3)$$

где  $l \in \max \{C_l^1, C_l^2\}$ ,  $l$  - порядковый номер холма.

4) Определяем самые низкие края холмов. Это позволяет дать более полное описание холма. Для нахождения нижних краев холма находим локальные минимумы ( $L_V^{\min}$ ) между ранее найденными локальными максимумами. Мы можем указать расположение локальных минимумов с номером 1 в массиве  $M^{\min}$ . То есть:

$$M_l^{\min} = 1, \quad (4)$$

где  $l \in \min (C_l^{\max}, C_{l+1}^{\max})$ ,  $l$  - порядковый номер холма.

5) Определяем признаки холмов, расположенных между двумя локальными минимумами. То есть, площадь рассматриваемого холма -  $s_h$ , его ширина -  $w_h$ , координата локального максимума -  $L_h^{\max}$ , расположенного на этом холме. Наглядное представление этих параметров можно увидеть на рис. 3. Для указанных признаков холмов создадим отдельный массив и поместим в него признаки, то есть:

$$F_H = \left\{ H_1^P, H_2^P, \dots, H_l^P \right\}, \quad (5)$$

$$p \forall (s_h, w_h, L_h^{\max}).$$

#### 4. Алгоритм сопоставления идентификационных признаков

Предположим, нам даны два вектора А и В, а также их множества признаков  $F_H^A$  и  $F_H^B$ . Формула сопоставления отдельных холмов из этих множеств выглядит следующим образом:

$$D^{A_h, B_h} = \frac{1}{2} \cdot \left( \frac{\min(s_h^A, s_h^B) \cdot 100}{\max(s_h^A, s_h^B)} + \frac{\min(w_h^A, w_h^B) \cdot 100}{\max(w_h^A, w_h^B)} \right) - \left( \frac{|L_h^{A_{\max}} - L_h^{B_{\max}}| \cdot 100}{w} + |d_{l, l-1}^A - d_{l, l-1}^B| \right) \quad (6)$$

где  $d_{l, l-1}^A$  - отношение расстояния между двумя соседними холмами (по координате центра вершины) в векторе А. То есть:

$$d_{l, l-1}^A = \frac{(c_l - c_{l-1}) \cdot 100}{W}, \quad (7)$$

где  $c_l$  - координата центра холма в l-м месте, W - длина вектора.

В результате сумма разностей всех признаков холма в множестве признаков по векторам А и В получается по следующей формуле:

$$D^{F(A, B)} = \frac{1}{L} \cdot \sum_{h=1}^L D^{A_h, B_h}. \quad (8)$$

При сравнении по приведенной выше формуле абсолютное сходство векторов дает результат 100.

На основании вышеприведенной формулы, если количество холмов с признаками в векторах А и В равно друг другу, их можно сравнить по соответствующему порядковому номеру. Однако следует отметить, что в реальных задачах количество холмов с признаками (L) в векторах А и В может быть разным. Поэтому из них рекомендуется брать меньшего, то есть  $L = \min(L^A, L^B)$ . В этом случае, если  $L^A \neq L^B$ , сравнение нуждается в некоторой оптимизации. То есть для каждого холма, расположенного в меньшем множестве, необходимо решить задачу нахождения соответствующего холма в большем множестве. Для этого мы разработали следующий алгоритм.

«Алгоритм сравнения идентификационных признаков» со случаем  $L^A \neq L^B$  состоит из следующих шагов:

1) Если  $L^A \neq L^B$ , перейти к следующему шагу.

2) Определяем границы поиска признаков из большого набора для  $k$ -х холмов малого множества. То есть мы определяем Левую (Left) и Правую (Right) границы. В первом состоянии:

$$\begin{aligned}k &= 1; \\Left &= 0; \\Right &= L_{\max} - (L_{\min} - Left).\end{aligned}\tag{9}$$

где  $L_{\max}$  - длина множества (массива) с большим количеством холмов,  $L_{\min}$  - длина массива с малым количеством холмов.

3) Сравнивая признаки  $k$ -го холма малого массива с холмами, расположенными между левой и правой границами большого массива, получаем максимальный из них результат  $D^{A_n, B_n}$  и обозначаем это место как  $P_{\max}$ . В свою очередь обновляем новую границу поиска для следующий  $k+1$ -й холм, то есть:

$$\begin{aligned}Left &= P_{\max} + 1; \\Right &= L_{\max} - (L_{\min} - k) + 1.\end{aligned}\tag{10}$$

4)  $k = k + 1$  Если  $x \leq L_{\min}$ , перейти к шагу 3.

5) Получаем окончательный результат в виде:

$$D^{F(A,B)} = \frac{1}{L} \cdot \sum_{h=1}^L D^{A_n, B_n}\tag{11}$$

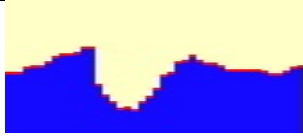


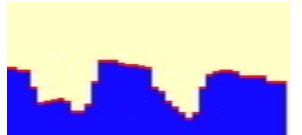


6) Имеем  $L^A \neq L^B$ , а значит, вычисляем коэффициент разности холмов и вычитаем его из результата, т.е.:

$$D^{F(A,B)} = D^{F(A,B)} - \left( \frac{|L^A - L^B|}{L^B} \cdot 100 \right).\tag{12}$$

## 5. Экспериментальный анализ полученных результатов

На основе алгоритмов, разработанных на основе наших исследований, была разработана программа для ЭВМ на языке программирования C++, на основе которой получен ряд результатов и экспериментально исследованы. Значения входных векторов А и В (в диапазоне 0÷255) извлекались из полутонного изображения (по строкам и столбцам). Ниже, в таблице показаны числовые значения некоторых векторов, извлеченных из изображений А и В, их соответствующие графики и результаты их сходства.

## Результаты сопоставления векторов

№	Значения множества А и его граф	Значения множества В и его граф	Результат подобия множеств А и В
1	 <p>116;116;116;125;128;130;136;147;152;152;155;164;164;94;72;61;47;50;44;61;69;86;111;116;136;139;150;139;133;133;130;122;122;122;122;122;122;119;114;114;119;125;128</p>	 <p>114;119;119;119;121;123;125;128;132;132;123;85;85;92;92;92;83;81;81;81;85;110;112;119;123;125;128;128;128;121;110;103;103;110;110;105;105;105;112;112;112;116</p>	50.58
2	 <p>188;191;186;67;61;30;30;30;64;47;55;100;144;155;158;164;161;155;155;155;164;141;103;89;64;19;19;64;69;100;111;122;122;122;122;122;125;128;128;122;122;122</p>	 <p>136;136;132;132;101;72;76;78;81;74;58;58;69;112;148;150;148;145;141;141;139;136;101;94;76;65;54;45;54;101;123;130;132;132;128;121;121;121;121;110;110;110</p>	70.01
3	 <p>175;183;164;139;94;89;83;72;44;39;58;116;119;133;144;150;150;150;155;164;155;128;116;103;75;33;47;58;91;105;116;125;122;119;122;128;128;128;128;128;125;128</p>	 <p>154;161;161;150;105;60;54;51;51;51;47;51;83;94;107;130;134;134;143;148;148;143;94;76;76;58;38;63;78;105;112;121;114;107;107;110;116;121;116;123;123;123</p>	91.07

## **Заключение**

Следует отметить, что для повышения достоверности результатов рекомендуется применять к входным изображениям методы предварительной обработки. Например, масштабирование, улучшение качества изображения, нормализация яркости посредством фильтрации и многое другое.

Разработанные алгоритмы можно использовать для сравнения не только изображений, но и других поступающих цифровых сигналов.

В настоящее время мы проводим дальнейшие исследования для улучшения методов и алгоритмов, предложенных выше.

## **Список литературы**

1. Кухарев, Г. А. Биометрические системы: Методы и средства идентификации личности человека / Г. А. Кухарев. – СПб.: Политехника, 2001. – 239 с.
2. Fazilov, Sh.Kh. Biometric Identification of Computer System Users / Fazilov Sh.Kh., Abdugafarov I.A., Tukhtasinov M.T. // WCIS –2004, Third World Conference on Intelligent Systems for Industrial Automation, – Tashkent, 2004. – Pp. 57-61.
3. Обухов, А.В. Методы автоматического распознавания автомобильных номеров / А.В. Обухов, С.А. Ляшева, М.П. Шлеймович // Вестник Чувашского университета. – 2016. – №3. – С. 201-208.
4. Полюхин, Д.А. Методы и этапы распознавания рукописного текста / Полюхин Д.А. Сальников И.И. // Научное обозрение. Педагогические науки. – Москва, 2019. – № 3-2. – С. 71-74.
5. Hai, Jing Zhu. Survey of Astronomical Image Processing Methods / Hai Jing Zhu, Bo Chong Han, Bo Qiu // Springer International Publishing Switzerland. – 2015. – Pp. 420-429.
6. Rafael, C.Gonzalez. Digital Image Processing / Rafael, C.Gonzalez, Richard E.Woods. Prentice Hall. – 2002. -793 p.
7. Pratt, William K. Digital image processing: PIKS Scientific inside / William K. Pratt. – 4th ed. – 2007. – 782 p.
8. Silverman, Richard A. Essential calculus with applications / Richard A. Silverman // New York: Dover Publications. – 2013. – 305 p.
9. Tukhtasinov, M.T. Face recognition on the base of local directional patterns / M.T.Tukhtasinov, N.Mirzaev, O.M.Narzulloev // IEEE Conference 2016 Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines. – Omsk, 2016. – Pp. 650-655.



## Алгоритмы и методы разметки звукового потока на основе количественных и качественных характеристик

Е. А. Умрюхин, email: evum12@gmail.com

Н. Е. Балакирев, email: balakirev1949@yandex.ru

Московский авиационный институт  
(Национальный исследовательский университет)

**Аннотация.** *В рамках данной статьи рассматриваются алгоритмы и методы разметки звукового потока на основании примитивов и универсальных примитивов и его последующая оптимизация путём отделения участков, несущих смысловую нагрузку от участков тишины.*

**Ключевые слова:** УНИПРИМ, разметка звукового потока.

### Введение

Информационное содержание звукового потока как анализируемый текст, может рассматриваться с разных позиций. Можно взять отдельно взятый фрагмент звукового потока и выделить в нем составные компоненты, например, фонемы, и попытаться распознать их содержание. А эти компоненты разбить на еще более мелкие составляющие добравшись до минимальной образующей. Относительно этих минимальных образующих будет выстраиваться вся процедура распознавания и нахождения целевого слова или фразы [1]. Понятно, что это не совсем рациональный путь при большом объеме обрабатываемой информации. Возможно пойти по пути движения от общих характеристик звукового потока и выделить наиболее характерные участки, относительно которых мы можем сказать, что вот здесь мы имеем интервал тишины, а вот здесь начинается некоторое слово, а вот здесь некоторый промежуток между словами или слогами. Реализация подобной блиц разметки позволит сократить объем информации для глубокого анализа с целью распознавания [2]. В то же время, это может служить основой для более компактной записи звукового потока. Подспорьем в решении такой задачи является качественный подход при анализе вообще говоря любого вида волн. Поток значений амплитуд преобразуется на основе отношений в структуры, выступающие в роли образующих, что позволяет посмотреть более укрупненно на всю структуру в целом. С другой стороны, некоторые участки звукового потока можно выделить и на

количественном уровне. Особо это касается участков «тишины», когда наблюдается минимальное отклонение от нуля значения амплитуд, а на качественном уровне характерная последовательность структур.

### **1. Постановка задачи**

Информационное содержание потока амплитуд после записи речи можно рассматривать как в локальном, так и глобальном масштабах. Качественной характеристикой глобального масштаба. если анализировать осциллограмму, является определенная картина длительных временных периодов [3], в которых отражаются глобальные информационные компоненты, такие как произнесенное слово, паузы между словами и слогами и т.д. Локальные характеристики заключены в выше перечисленных компонентах и могут быть информационными характеристиками отдельно взятых фонем, характерно звучащим шумовым фоном и т.п. При распознавании все эти участки не могут быть описаны одной функцией. Исходя из вышесказанного очевиден вывод, что, прежде чем производить локальную разборку, необходимо произвести глобальный анализ потока на основе общей качественной глобальной характеристики. Вопрос состоит в том, что выбрать в качестве таких характеристик и в какой последовательности производить дальнейшее распознавание локальных качественных характеристик.

В обоих случаях подразумевается, что такие характеристики обязательно повторяются и они адекватно отражают данные рассматриваемые участки.

Количественная характеристика – это попадание числового значения в установленные рамки определённых значений.

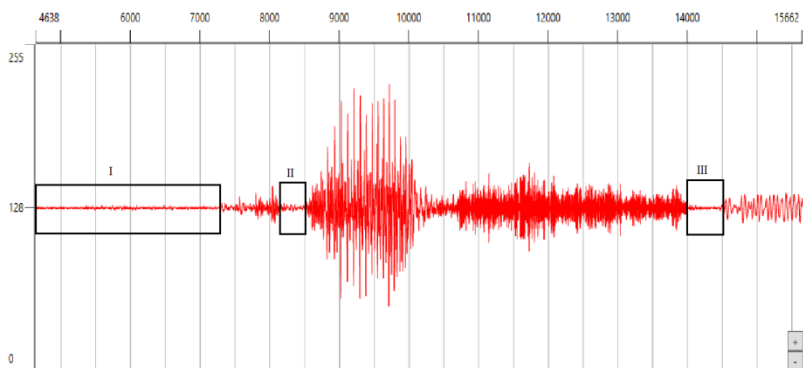
Качественная характеристика – это структурная общность составляющих компонент.

Совокупность структур (конфигураций) отношений, составляющих качественную основу рассматриваемого участка.

Если рассматривать поток, отражающий колеблющийся характер параметров через равные, фиксированные промежутки времени, то следует заметить, что на разных участках значение сигналов (параметров) не выходит за пределы некоторого коридора значений. Длительность таких участков носит нестационарный характер, но отражает локальное тактическое поведение системы на таких участках и предполагает разные алгоритмы (функции) их обработки [3]. Общая картина, составленная из таких «тактических» участков, обеспечивает полную «стратегическую» картину поведения системы.

В качестве примера можно рассмотреть звуковой поток речевого сигнала, оцифрованного через принятые промежутки времени (22000

отсчетов на одну секунду фиксации звука). Если рассмотреть и проанализировать осциллограмму записи произнесенного слова, то оказывается, что присутствует участок, где наблюдается тишина (участок тишины - I), участок произносимого слога, межслоговой промежуток - II и промежуток между словами - III (рисунок). Для других значений амплитуд картина поведения может быть иная, в которой может быть более богатый набор «тактических» участков. В данном рассмотрении мы исключением ситуации, при которых наблюдается стационарный характер поведения системы.



*Рисунок.* Пример участков тишины

## 2. Цель работы

Целью работы является предварительная динамическая разметка потока значений амплитуд для выделения характерных «тактических» участков, отражающих стабильность изменения параметров в некоторых пределах на большом промежутке рассмотрения. (подобно выделению фазовых пространств при анализе физических процессов).

Наличие такой разметки может обеспечить избирательный характер применяемых алгоритмов обработки и как следствие оптимизацию времени такой обработки. Кроме этого, возможна оптимизация пространства хранения сигналов и в том числе звука. В проекции на речь это дает возможность проигнорировать участки «тишины», быть может фиксируя лишь длину таких участков.

## 3. Задача

Выделение участков звукового потока на основании данных, полученных из S-файла, который отражает количественные характеристики структуры.

Изначально у нас имеется поток амплитуд,

$$S = \{S_1, S_2, S_3, \dots, S_n\} \quad (1)$$

в котором каждое значение амплитуды появляется через фиксированный интервал времени. Указанный поток к настоящему времени структурируется с помощью установления отношений между характерными точками, и мы имеем возможность получить из S-файла значение так называемых характерных точек  $S_i$  и расстояние между ними в количестве отсчетов  $\Delta_{i,m}, \Delta_{i,m+1}$

$$S_\Delta = \{S_1, \Delta_{1,1}, \Delta_{1,2}, S_2, \Delta_{2,3}, \Delta_{2,4}, S_3, \dots, S_{m-1}, \Delta_{m-1,k}, \Delta_{m-1,k+1}, S_n\} \quad (2)$$

Все значения амплитуд, которые находятся между характерными точками либо меньше значения характерной точки, либо больше характерной точки. Поток начинается с минимальной локальной характерной точки  $S_1$ , а следующая характерная точка  $S_2$  является максимальной локальной точкой и т.д.

Фиксируемые  $\Delta_{i,j}$  являются средством временной разметки и их сумма может быть показателем характерных участков, на которых

$$|S_{i+1} - S_i| \leq \varepsilon \quad (3)$$

для любого наперед заданного  $i$ .

В обозначениях верхнего индекса характерных точек  $S_{m,k}$  мы будем фиксировать номер участка, для которого все значения амплитуд не выходят за пределы  $\varepsilon^k$ . Выбрав разные значения  $\varepsilon$  мы получаем возможность весь рассматриваемый поток разбить на последовательность участков включающих в себя некоторый набор амплитуд не превосходящий некоторого значения  $\varepsilon^k$

$$S_\Delta = \{S_\Delta^1, S_\Delta^2, \dots, S_\Delta^t\} \quad (4)$$

А весь участок на последовательность временных интервалов

$$\Delta = \{\Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta_l\} \quad (5)$$

Выбор участков должен также удовлетворять определенному изначальному условию, что длина участка в терминах отсчетов должна быть не меньше некоторой или же в терминах характерных точек, что число характерных точек не менее заданного  $n$ . При локализации значений амплитуд по  $\varepsilon$ , сами значения амплитуд могут иметь симметричный разброс значений амплитуд выше или ниже нулевого значения. В этом случае мы будем применять другую процедуру, чтобы получать коридор разброса для относительного значения симметрии. Необходимо предусмотреть оба эти варианта.

При использовании качественной характеристики звукового потока для его разметки, за основу берутся не значения амплитуд в конкретных точках, а структура УниПримов [4], содержащихся в исходном потоке. На основании её можно строить предположения о смысловом содержании потока, и, соответственно, наличии не только тишины в том или ином его месте.

#### 4. Решение

Для решения поставленной задачи создана программа, выделяющая участки звукового потока в соответствии с их количественным значением. В процессе выполнения, программа сортирует значения амплитуд, полученные из входного потока. В программе реализовано два режима работы:

- Статическая разметка
- Динамическая разметка

В режиме статической разметки, в качестве претендентов на участки тишины рассматриваются характерные точки, расположенные в некоторой окрестности  $\varepsilon$  нуля. В данном режиме участок тишины будет выделяться в соответствии с формулой:

$$-\frac{\varepsilon}{2} \leq S_i \leq +\frac{\varepsilon}{2} \quad (6)$$

где  $\varepsilon$  определяется опытным путём в соответствии с содержанием входного звукового потока.

В случае использования динамического режима разметки, возможные участки тишины могут попадать участки, удалённые от оси абсцисс. Соответственно, формула, используемая для выделения участков:

$$|S_{i+1} - S_i| \leq \varepsilon \quad (7)$$

Также разметка потока на различные участки производится с учетом качественных характеристик УНИПРИМа. Таковых УНИПРИМов имеется сорок два варианта, которые по факту представляют из себя некоторый алфавит, в некоторой степени подобный таблицам Брадиса [5]. В настоящее время ведутся эксперименты по выделению возможных комбинаций такого алфавита для разных участков. В конечном итоге такая разметка будет производиться комплексно как с учетом количественного рассмотрения, так и с учетом качественного рассмотрения.

### **Заключение**

Таким образом, глобальная разметка звукового потока может быть получена на основе комплексного подхода с учетом количественных и качественных характеристик. Имея такую разметку, становится возможным распараллелить обработку отдельно взятых участков. Кроме этого можно обеспечить более компактное хранение звуковой информации, не теряя при этом смыслового содержания, заключенного в потоке.

### **Список литературы**

1. Aree, A.M. Modified Phase Coding Audio Watermarking Resistant to Signal Attacks / A. M. Aree, M. M. Diman // International Journal of Computer Applications. – 2014. – Т. 92, № 2. – С. 1–6.
2. Меленьтев, П. В. Приближенные вычисления / П. В. Меленьтев – Москва: Госиздательство физматлитературы. – 1962. – 388 с.
3. Балакирев, Н.Е. Качественная оценка и мера при распознавании информационного содержания волн / Н. Е. Балакирев // Материалы XIX Международной научно-методической конф. «Информатика: проблемы, методология, технологии» – Воронеж, 2019. – С. 1435–1440.
4. Соколова, А.К. Вопросы получения спектра звука на основе структуры УНИПРИМ / А.К. Соколова // МАИ Г12 «Гагаринские чтения – 2022»: Сборник тезисов докладов. – Москва, 2022. – С. 281–282.
5. Брадис, В. М. Четырёхзначные математические таблицы для средней школы / В. М. Брадис – Москва: Учпедгиз. – 1953. – 98 с.

# **Секция 4**

## **Информационные системы и базы данных**

# Экспертная система на основе базы знаний судебных прецедентов как инструмент расследования финансовых преступлений

О. А. Бистерфельд, email: bist19@yandex.ru

Н. С. Бистерфельд, email: bist18@yandex.ru

Финансовый университет при правительстве Российской Федерации  
(Финуниверситет)

Пензенский филиал Финуниверситета

**Аннотация.** *Рассмотрен прототип базы данных судебных прецедентов: представлена информационная модель данных, приведены экранные формы, бланк запроса. Описан алгоритм поиска.*

**Ключевые слова:** *экспертная система, база знаний, информационная модель, судебные прецеденты, финансовые преступления.*

## Введение

В условиях непростой социально-экономической ситуации финансовые преступления причиняют значительный ущерб государству, коммерческим структурам, гражданам. Политическая ситуация сегодня не способствует снижению уровня экономической преступности.

Существуют различные механизмы совершения преступлений в сфере финансовой и банковской деятельности. Финансовые схемы могут быть достаточно сложными, включающими «многоходовые комбинации перечисления денежных средств, в том числе на счета фирм и кредитных учреждений, зарегистрированных в оффшорных зонах», «привлечение соучастников, распределение ролей, использование подставных фирм». «Для успешного расследования и доказывания данных преступлений, необходимы изучение способов их совершения», разработка новых и совершенствование существующих методических подходов в выявлении и раскрытии правонарушений [1].

Предлагается разработать и внедрить экспертную систему на основе базы знаний судебных прецедентов.

## Информационная модель данных

На рис. 1 представлена информационная модель данных судебных прецедентов, выполненная по методологии IDEF 1X. Этот стандарт,



который в свое время был объявлен стандартом и в РФ, позволяет создавать информационные модели в различных предметных областях.

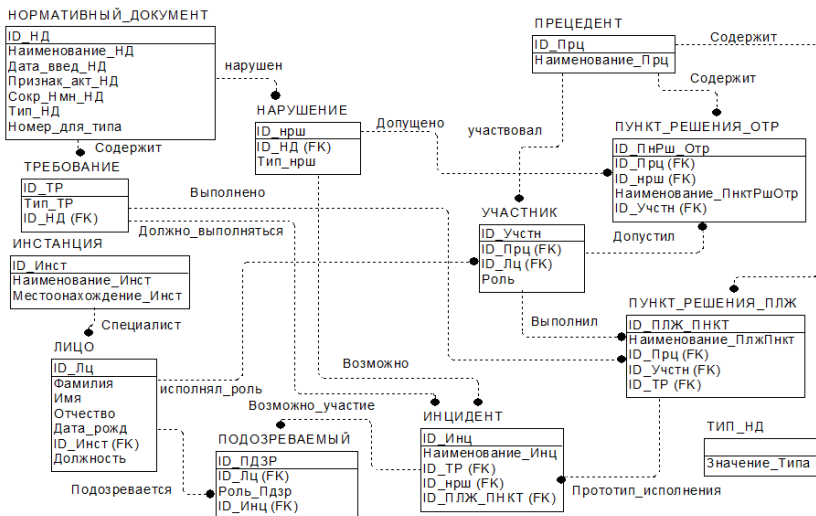


Рис. 1. Информационная модель данных

В представленной модели соответствующий опыт правоприменительной деятельности представлен в цепочке сущностей, начиная с сущности ПРЕЦЕДЕНТ.

Понятие ПРЕЦЕДЕНТ ассоциируется с соответствующей правоприменительной практикой, которая используется в отдельных зарубежных странах. Такая практика не используется в РФ. Однако, в представленной модели контекстом этой сущности является только предшествующий опыт правоприменительной практики, который не несет юридического содержания. Эту сущность можно было бы именовать как «ПРЕДШЕСТВУЮЩИЙ ОПЫТ».

Другой особенностью модели является контекстное содержание сущности НОРМАТИВНЫЙ\_ДОКУМЕНТ. По контексту модели данная сущность предназначена для представления только отдельных нормативных документов, например, отдельных статей или пунктов законов РФ. Если требуется более полное содержание нормативных документов, необходимо представить документы в их иерархическом содержании (такой пример приведен в модели на рис. 2).

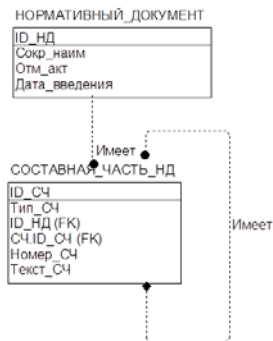


Рис. 2. Информационная модель нормативных документов с иерархическим содержанием

### Прототип базы данных

Прототип базы данных в соответствии с информационной моделью (рис. 1) реализован в СУБД Access.

При открытии прототипа базы данных открывается главная форма (рис. 3). С главной формы прототипа (с помощью соответствующих кнопок) осуществляется навигация по остальным формам прототипа базы данных.

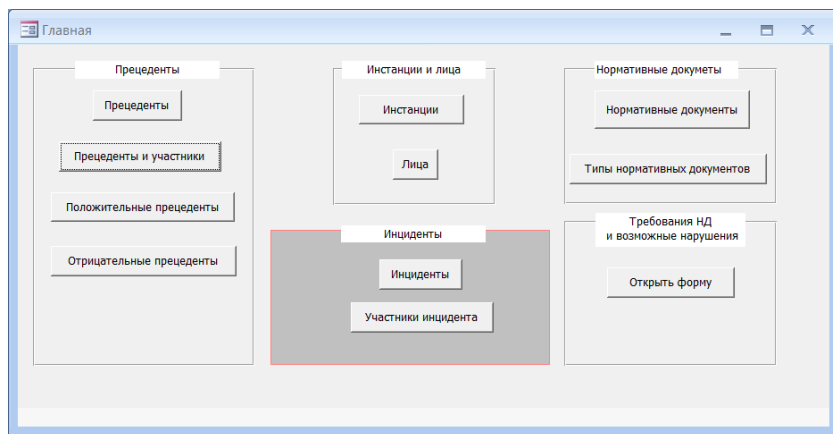


Рис. 3. Список стилей документа в MS Word 2016

Независимые формы прототипа базы данных (внесение данных в которые не требуют предварительного внесения данных в других

формах) – «ИНСТАНЦИЯ» – данные по организациям, предприятиям и т.д., «ПРЕЦЕДЕНТ» и «ТИП\_НД».

Прежде чем вносить данные в форме «ЛИЦО» предварительно необходимо внести данные в форме «ИНСТАНЦИЯ» (если необходимо указать место работы лица).

Перед внесением данных по нормативным документам (форма «НОРМАТИВНЫЕ\_ДОКУМЕНТЫ») должны быть внесены данные о его типе.

Каждый прецедент может быть положительным решением или отрицательным решением (используются две разные формы).

Каждому нормативному документу соответствует определенное требование, которое, возможно, было нарушено (информация вносится в форму «НОРМАТИВНЫЕ\_ДОКУМЕНТЫ»).

Для каждого прецедента могут быть указаны его участники и их роли (форма на рис. 4).

Рис. 4. Форма для внесения данных об участниках прецедента

Новое разбирательство (инцидент) может также иметь определенные данные в прототипе базы данных, могут быть указаны лица, подозреваемые в участии, а также возможный прототип решения (формы «ИНЦИДЕНТ», «УЧАСТНИКИ ИНЦИДЕНТА»).

Каждая новая запись в формах прототипа заносится в поля со знаком \*.

В отдельных формах используются поля со списком, позволяющих представить пользователю вместо уникального индекса лица конкретные данные о лице (бланк таких запросов представлен на рис. 5).

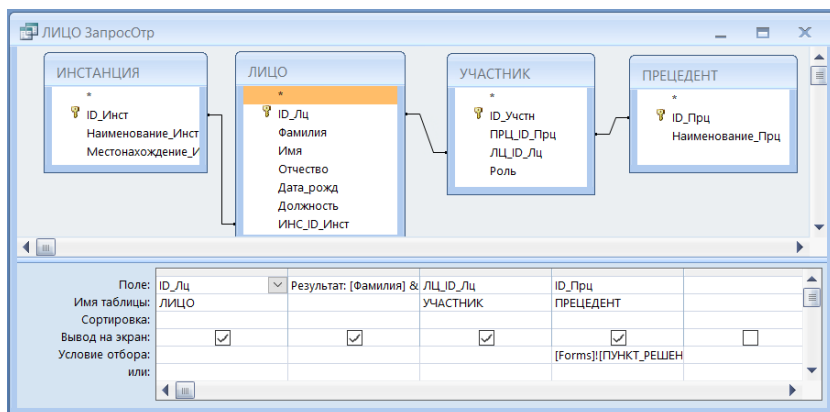


Рис. 5. Бланк запроса для замены уникальных индексов лиц конкретными данными, включая место работы и занимаемую должность

### Алгоритм поиска информации

База знаний содержит судебные прецеденты. Поиск информации, необходимой для расследования финансовых преступлений, реализуется согласно следующему алгоритму:

- получают детальную информацию о рассматриваемом деле;
- сопоставляют полученную информацию со значениями признаков прецедентов, находящихся в базе знаний;
- выбирают прецедент из базы знаний, наиболее близкий к рассматриваемому делу;
- проверяют корректность каждого полученного решения;
- выполняют анализ информации;
- заносят детальную информацию о полученном судебном решении в базу знаний, тем самым обновляя и дополняя базу данных.

«Прецеденты описываются набором признаков», по этим признакам «строятся индексы быстрого поиска». Допускается нечеткий поиск с получением множества допустимых альтернатив. При этом каждая из альтернатив оценивается некоторым коэффициентом уверенности. Таким образом, «обучение системы» заключается в «запоминании каждой новой обработанной ситуации» с принятыми судебными решениями «в базе прецедентов». Далее происходит обновление базы знаний [2-6].

## **Заключение**

В результате проделанной работы был создан прототип базы данных судебных прецедентов.

Экспертная система на основе базы знаний судебных прецедентов может быть эффективным инструментом расследования финансовых преступлений. Также представляет интерес рассмотрение возможности применения такой системы с целью предупреждения преступлений.

## **Список литературы**

1. Нерсесян М.Г. Теоретические и методические аспекты судебной финансово-кредитной экспертизы. Дис. ... канд. юр. наук. Москва, 2020. 171 с.

2. Белоусова, Е. Е. Тенденции развития интеллектуальных систем поддержки принятия решений / Е.Е. Белоусова // Информатика: проблемы, методы, технологии: Материалы XXII Международной научно-практической конференции им. Э.К. Алгазинова, Воронеж, 10-12 февраля 2022 года / Под редакцией Д.Н. Борисова. – Воронеж: Общество с ограниченной ответственностью "Вэлборн", 2022. – С. 1108–1113.

3. Станкевич Л.А. Интеллектуальные системы и технологии: Учебник и практикум / Л. А. Станкевич. – 1-е изд. – Москва: Издательство Юрайт, 2020. – 397 с.

4. Остроух А.В., Николаев А.Б. Интеллектуальные информационные системы и технологии: монография. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 308 с.

5. Полицына, Е. В. Применение алгоритмических методов и машинного обучения для решения задач компьютерной лингвистики / Е. В. Полицына, С. А. Полицын, М. В. Зеленова // Информатика: проблемы, методы, технологии: Материалы XXI Международной научно-методической конференции, Воронеж, 11–12 февраля 2021 года. – Воронеж: Общество с ограниченной ответственностью "Вэлборн", 2021. – С. 1473–1481.

6. Лекции по искусственному интеллекту. Классификация интеллектуальных информационных систем. URL: <https://topuch.com/klassifikaciya-intellektualenih-informacionnih-sistem/index2.html> (дата обращения 10.01.2023).

## Методика оценки решений органов управления связью

М. А. Данилин, email: maxxx178@mail.ru

П. В. Сягодзинский, email: syagodz@yandex.ru

В. О. Подтыкин, email: podtykin@mail.ru

Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

**Аннотация.** *На практике деятельность органов управления связью осуществляется на основе неполной, быстро устаревающей и недостоверной информации. Авторами предложена многоуровневая система показателей оценки решений, принимаемых органами (должностными лицами) управления связью в целях повышения качества услуг связи.*

**Ключевые слова:** *информационная система, квалиметрия, органы управления связью, шум в принятии решений.*

### Введение

Качество предоставления современных услуг связи во многом определяется деятельностью органов управления связью, составляющих информационную систему. Оценка влияния работы органов управления связью на качество предоставляемых услуг является сложной задачей. Анализ научной литературы по квалиметрии информационных систем [1, 2], показывает, что процесс оценивания реализуется, как правило, в два этапа:

1 этап – измерение характеристик информационной системы;

2 этап – формирование решения по принятым критериям (пригодности, оптимальности, превосходства).

Оценка эффективности функционирования информационных систем осуществляется, как правило, с использованием внутренних и внешних показателей [3, 4]. При оценивании различают два типа информационных систем (в зависимости от выполняемых функций): операционные и аналитические. Операционные информационные системы предназначены для оперативного контроля текущего состояния объекта управления. Аналитические информационные системы обеспечивают выработку плана функционирования самого объекта. В процессе работы орган управления связью является информационной системой, совмещающей в себе обе функции: операционную и аналитическую.

## **Методика оценки решений органов управления связью**

Качество функционирования любой информационной системы в полной мере проявляется лишь в процессе использования ее по назначению. Наибольший практический интерес представляет априорная оценка качества функционирования органа управления.

При оценке многократно повторяющихся событий можно оперировать показателями теории вероятности (вероятность принятия обоснованного решения, вероятность принятия своевременного решения и др.). Однако на практике, как правило, как старший начальник (вышестоящий орган управления) дает оценочное суждение принятого подчиненным (нижестоящим органом управления) решения. Таким образом, оценка носит субъективный характер, не отражающий степень влияния на качество предоставляемых услуг связи.

Особенно сложно оценить уникальное (единичное) событие (невозможно провести несколько боев, сражений в одинаковых условиях). Из-за дефицита времени на принятие решения, порой даже не рассматриваются альтернативные варианты, что приводит к систематическим отклонениям (смещению) от поставленной цели и случайному разбросу (шуму) [5, 6].

Между тем величина смещения и шума может являться интегральным показателем морально-боевых качеств, опыта, характера и индивидуальных предпочтений лица (органа управления) принимающего решение.

В зарубежной литературе встречаются исследования шума в деятельности врачей, страховых агентов, судей и др., от решения которых зависят не только материальные риски (излишние затраты), но и судьбы людей. Анализ их деятельности показывает наличие значительных отклонений от средних величин, так сроки заключения, назначаемые судьями, по одним и тем же делам могут отличаться в разы. Даже один и тот же судья через некоторое время может присудить другой срок заключения в изменившихся условиях [5]. Таким образом, признается наличие межэкспертного шума (между должностными лицами органа управления) и внутриэкспертного шума (конкретного должностного лица).

Сами должностные лица (органы управления) излишне самоуверенны и отрицают наличие шума в принимаемых ими решениях, однако в своей деятельности они используют неполную, быстро устаревающую и недостоверную информацию [6]. При анализе опыта Великой отечественной войны выделяют талантливых полководцев, которые в сложных условиях побеждали не числом, а умением. Есть в истории и отрицательные примеры, когда цели достигались

неоправданными потерями личного состава и техники, а порой даже не были достигнуты. Все это свидетельствует о наличии шума (отклонений) в органах управления. Самую большую неопределенность в процесс принятия решения вносит противник, который старается максимально деструктивно воздействовать на систему управления.

Анализ показывает, что органы управления связью выполняют различные задачи управления, которые характеризуются различной степенью сложности и различной степенью неопределенности исходных данных. Поэтому система показателей оценки деятельности должностных лиц (органов управления) связи должна быть многоуровневой:

1 уровень – показатели, характеризующие оперативность и обоснованность (качество) выполнения должностными лицами (органами управления) различных задач управления.

2 уровень – показатели, характеризующие подготовленность конкретного должностного лица органа управления связью.

3 уровень – показатели, характеризующие подготовку (слаженность) органа управления связью в целом.

Можно выделить следующие свойства, характеризующие качество выполнения задач управления:

1. Оперативность – способность должностного лица (органа управления) выполнять задачи управления за отведенное время. Показателем данного свойства является время выполнения задачи управления должностным лицом.

2. Полнота решения – выполнение должностным лицом всех операций (этапов) при выполнении задачи управления (степень отработки документов по связи при выполнении задач управления). Показателем данного свойства является коэффициент полноты выполнения задачи управления, то есть соотношение выполненных этапов к общему количеству.

3. Обоснованность решения – способность должностного лица произвести необходимые расчеты и сделать аргументированные выводы, подтверждающие правильность принятого решения. Показателем данного свойства является отношение количества разработанных вариантов выполнения задачи к требуемому. Для оценивания одного должностного лица можно использовать два обобщенных показателя:

уровень подготовки должностного лица к выполнению задач управления, то есть, обобщенный показатель характеризующий знания, навыки и умения должностного лица по выполнению задач управления, показанные в ходе занятий, повседневной деятельности, при выполнении своих функциональных обязанностей;



уровень психофизиологического состояния должностного лица, то есть состояние должностного лица, при котором он способен выполнять задачи управления с требуемым качеством.

### **Заключение**

Таким образом, необходимо признать наличие шума в процессе принятия решения органами управления (должностными лицами) связью. При оценке их функционирования перейти от личных предпочтений (мнений) к расчетам многоуровневых показателей, характеризующих своевременность и обоснованность принятых решений. Лицам (органам управления) принимающим решения критически оценивать собственные решения (игра за противника), в своей деятельности подразумевать наличие априорной неопределенности информации.

### **Литература**

1. Вознюк М.А. Теоретические основы квалиметрии высшей военной школы. – СПб.: Военный университет связи, 1997. – 141 с.
2. Вознюк М.А., Мусаев А.А., Елшин А.В. Теоретические основы квалиметрии информационных систем – СПб.: Военный университет связи, 1999. – 108 с.
3. Бушуев С.В., Осадчий А.С., Фролов В.М. Теоретические основы создания информационно-технических систем. – СПб.: Военная академия связи, 1998. – 404 с.
4. Боговик А.В. Эффективность системы военной связи и методы ее оценки / А.В. Боговик, В.В.Игнатов. – СПб.: Военная академия связи, 2006. – 184 с.
5. Канеман Д., Сибони О., Систейн К. Шум. Несовершенство человеческих суждений. – М.: Издательство АСТ, 2021. – 544 с.
6. Вертинова А.А., Пашук Н.Р., Макогонова П.В., Кошелева А.И. Оценка влияния информационного шума на принятие решений // Лидерство и менеджмент. – 2022. – Том 9. – № 3. – С. 877-890.

# Современные реалии создания виртуального представительства малого предприятия Modern realities of creating a virtual representation of a small business

Э. И. Димант, e-mail: ely\_dimant@mail.ru

Санкт-Петербургский государственный экономический университет,  
г. Санкт-Петербург, Россия

**Аннотация.** *Исследованы теоретические и методические аспекты создания виртуального представительства малого предприятия. Рассмотрены возможные пути достижения результата и их особенности, определены риски при решении задачи разработки виртуального представительства. В статье приведены базовые навыки разработчиков Веб-представительств и способы поиска исполнителей для данной работы.*

**Ключевые слова:** *Создание виртуального-представительства, малые предприятия, web-разработка, frontend, backend.*

На сегодняшний день практически все предприятия имеют собственные Web-представительства, различающиеся между собой целью внедрения и функциональностью. Данная сущность является высокоэффективным инструментом привлечения новых клиентов и удержания имеющихся. Эффективность такого инструмента обуславливается уровнем развитости сети интернет и количеством ее пользователей, а также сформировавшейся тенденции у потребителей в поиске информации о требуемых товарах и услугах на просторах интернета.

Веб-представительство является эффективным инструментом привлечения за счет своей информативности и визуального оформления этой информации, которая привлекает потребителя.

Сущность Веб-представительства заключается в представлении на интернет-ресурсе информации о компании, производимых товарах и услугах, а также иной сопутствующей информацией, которая может заинтересовать пользователя, посетившего данный ресурс. Таким образом посетитель еще до личного контакта с представителем компании может определить для себя необходимость обращения за услугами к рассматриваемой компании.

Помимо привлечения клиентов Веб-представительство может привлекать и партнеров, в том числе и поставщиков товаров условия которых могут оказаться выгоднее, чем у нынешних.

Также веб-представительства являются самым оптимальным инструментом для регистрации заявок клиентов на предоставления товаров или услуг, так как данные заявки принимаются в автоматизированном режиме без участия администратора, что сильно урезает расходы на операторов call-центров или иных структурных единиц компании.

Описанные Веб-представительства разрабатываются web-разработчиками, которые в свою очередь разделяются на два основных направления: Frontend-разработчики и Backend-разработчики.

Frontend разработка представляет из себя программирование визуальной составляющей Веб-представительств, все взаимодействия уловимые глазами пользователей разрабатываются и поддерживаются Frontend-разработчиками.

Backend-разработчики реализуют серверную составляющую Веб-представительств. Это часть, которая не видна пользователям, например обработка данных их хранение.

В зависимости от функциональных возможностей Веб-представительства его разработка требует разных инструментов и навыков разработчиков. Самые простые Веб-представительства могут быть реализованы без участия программистов путем использования конструкторов-сайтов, в большинстве случаев этого достаточно для создания информативного Веб-представительства, однако в данном случае функционал разрабатываемого продукта сильно ограничен возможностями используемых конструкторов.

Следует определить преимущества и недостатки разработки Веб-представительств с использованием сервисов-конструкторов. В качестве плюсов можно выделить следующее:

- простота разработки;
- встроенная система управления взаимоотношениями с клиентами (CRM);
- базовые возможности для создания магазинов и блогов;
- зачастую доступны возможности взаимодействия с внешними сервисами;
- множество макетов.

Однако такой подход имеет и свои минусы:

- владелец не имеет доступа к исходному коду своего Веб-представительства;
- ограниченные возможности по функциональному внедрению;

- низкая SEO-оптимизация (не оптимальная поисковая выдача)
- веб-представительство является не оригинальным, так как используемый шаблон использовали и другие пользователи в большом количестве;
- реклама автоматически встраивается в сайт, отключение, которое платное;
- относительно малый объем хранилища файлов Веб-представительства;
- большая засоренность исходного кода ненужными для владельца файлами из-за чего теряется скорость работы.

Второй подход к разработке Веб-представительств – самостоятельная разработка. В данном случае исходя из потребностей от разработчиков требуются навыки различных уровней. В некоторых случаях можно обойтись только одним frontend-разработчиком исключив backend как таковой, в иных случаях необходимы оба направления.

Далее будут перечислены основные навыки из обоих направлений Веб-разработки необходимые для создания собственного Веб-представительства по возрастанию их сложности и квалификации разработчиков.

Frontend-разработчик:

- HTTP;
  - принцип работы сайтов;
  - HTML;
  - CSS;
  - JavaScript;
  - Git;
  - API
  - Web-безопасность;
  - линтеры;
  - таск-раннеры;
  - бандлеры;
  - менеджеры пакетов;
  - Frameworks(React/Angular/Vue/другие);
  - state-менеджеры (Redux/MobX).
- backend-разработчик:
- навыки работы с терминалом;
  - концепции построения сети;
  - управление памятью;
  - язык(Java/C#/PHP/Python/Go/другие);
  - git;

- базы данных;
- API;
- кэширование;
- безопасность;
- тестирование;
- CI/CD;
- виртуализация;
- Web-серверы.

Очевидно, такие навыки требуют существенной оплаты в зависимости от их полноты, поэтому нужно тщательно продумать необходимость такой разработки, при этом в случае выбора самостоятельной разработки выделяется два варианта: найм программистов в штат, аутсорс (Freelance). В первом случае необходимо определить по каким параметрам необходимо подбирать кандидатов, какого уровня разработчики нужны (junior/middle/senior), а также стек используемых разработчиком технологий. Для этого рекрутер компании должен обладать должными знаниями в области, на приобретение которых необходимо дополнительное время, также стоит учесть, что содержание в штате разработчиков даже самого начального уровня обходится в немалую стоимость.

При выборе аутсорсинга сложно оценить квалификацию кандидатов, так как не предусмотрено проведение интервью, при выборе заказчик может опираться только на выполненные кандидатом проекты, без осведомленности о том, как выполнялись данные работы. При этом существует еще одна проблема – исполнитель не обязуется поддерживать разрабатываемый продукт и вносить правки в дальнейшем, а значит при необходимости нужно будет в ускоренном режиме выполнять повторный поиск исполнителя, которому придется разбираться в чужом коде, что повысит стоимость работ и понизит скорость выполнения.

Таким образом можно подвести итог о том, что при разработке Веб-представительства необходимо учитывать все факторы, продумать возможные исходы событий и определиться с планом действий, при этом неся риск потери денежных средств, что в некоторых случаях может быть критично для малых предприятий.

### **Список литературы**

1. Арисова Д. А., Чернова С. В. К вопросу о веб-разработках // Вестник науки и образования. 2018. №15 (51). Часть 2. С. 24–26.
2. Игнатов Ю.Ю. Проектирование и разработка веб-представительства фирмы: учебное пособие для студентов, обучающихся по направлениям подготовки 38.03.05 Бизнес-

информатика, 01.03.02 Прикладная математика и информатика. – Саратов: Саратовский социально-экономический институт (филиал) РЭУ им Г.В. Плеханова, 2017. – 160с.

3. Инькова Н.А., Котов Е.В. Повышение эффективности бизнеса компании на основе интернет-представительства // Психолого-педагогический журнал Гаудеамус. 2010. № 2 (16). С. 1-2.

4. Как освоить бэкенд-разработку в 2022 году: дорожная карта // TProger URL: <https://tproger.ru/articles/backend-roadmap-2021/> (дата обращения: 25.11.2022).

5. Как освоить фронтенд-разработку в 2022 году: дорожная карта // TProger URL: <https://tproger.ru/articles/frontend-roadmap-2021/> (дата обращения: 28.11.2022).

6. Чугунова Н.Ю., Королева И.В. Официальный сайт как инструмент продвижения компании // Научный журнал КубГАУ. 2017. № 130. С. 1-12. DOI: 10.21515/1990-4665-130-069

# Интерфейс ввода функциональных зависимостей свойств полимерных композитов в ИИС процесса отверждения

О. С. Дмитриев, email: phys@tstu.ru

А. О. Дмитриев

ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»

**Аннотация.** *Рассмотрен интерфейс моделирования и ввода функциональных зависимостей теплофизических, кинетических и реологических свойств в информационно-измерительной системе исследования процесса отверждения полимерных композитов. Показаны основные принципы и возможности работы модуля ввода данных и построения функциональных зависимостей свойств композитов, на основе данных полученных с помощью стандартного исследовательского оборудования.*

**Ключевые слова:** *интерфейс, информационно-измерительная система, теплофизические, кинетические и реологические свойства.*

## Введение

Полимерные композиционные материалы или полимерные композиты (ПК) представляют собой сочетание полимерной матрицы и армирующего наполнителя. В качестве полимерной матрицы применяются термореактивные смолы горячего отверждения: эпоксидные, полиэфирные, фенолформальдегидные, полиамидные, кремнийорганические и др. Армирующими наполнителями являются стеклянные, углеродные, органические волокна, ткани, маты, и соответственно получают стеклопластики, углепластики, органиты, которые нашли применение во многих отраслях промышленности [1].

Технология производства ПК представляет собой сложный химико-технологический процесс, определение режимных параметров которого предполагает использование математического моделирования, оптимизации и идентификации физико-химических свойств ПК в различных состояниях. Для исследования и расчета химико-технологического режима отверждения ПК была разработана информационно-измерительная система (ИИС), описание и некоторые аспекты её построения были представлены ранее в работах [2, 3].

Основными свойствами ПК являются теплофизические, кинетические и реологические, которые значительно изменяются при отверждении. Так, например, теплофизические свойства, т.е. объемная

теплоемкость  $C(T)$  и теплопроводность  $\lambda(T)$  имеют значительную зависимость от температуры  $T$  и определяются путем решения обратной задачи теплопроводности [4, 5]. Кинетическая функция реакции отверждения  $\phi(\beta)$  и структурная составляющая вязкости  $\tilde{\mu}(\beta)$  реологических свойств зависят от степени отверждения  $\beta$  [6].

Как правило, указанные свойства определяются с помощью ИИС в процессе исследования нового материала и заносятся в базу данных ИИС в виде файлов. Теплофизические свойства исследуются экспериментально как функции температуры  $C(T)$ ,  $\lambda(T)$  в процессе отверждения образца препрега и затем отвержденного композита. После завершения измерений на основе этих двух температурных зависимостей вычисляются  $C(T, \beta, \gamma)$ ,  $\lambda(T, \beta, \gamma)$  в зависимости от степени отверждения  $\beta$  и от содержания связующего  $\gamma$ . Затем эти данные используются для расчета оптимального температурно-временного режима отверждения изделий из ПК с помощью ИИС [6, 7].

В некоторых случаях требуется провести расчеты технологических режимов отверждения для материала, который не был исследован в ИИС, а предоставлены данные о свойствах полимерного композита, полученные на стандартных приборах и установках, например ИТ-С, ИТ- $\lambda$ , ДСК и т. д. Как правило, эти данные представляют собой значения свойств, измеренные при некоторых условиях, температурах и степенях отверждения. В этом случае возникают некоторые проблемы использования этих свойств, и возникла необходимость доработки прикладного программного обеспечения ИИС. Указанная доработка также значительно расширяет функциональные возможности ИИС процесса отверждения ПК и позволяет использовать прикладное программное обеспечение ИИС для расчета оптимальных технологических режимов отверждения изделий из ПК как самостоятельное приложение.

### **Интерфейс моделирования и ввода функциональных зависимостей свойств ПК**

Были разработаны специальные алгоритмы и программы моделирования и аппроксимации по трем точкам функциональных зависимостей теплофизических, кинетических и реологических свойств. Таким образом, в ИИС реализовано два варианта ввода данных свойств ПК, первый – ввод ранее исследованных свойств в виде файла из базы данных ИИС и второй – моделирование и аппроксимация по трем точкам экспериментально измеренных данных. Экранная форма ввода свойств полимерного материала из базы данных показана на рис. 1.



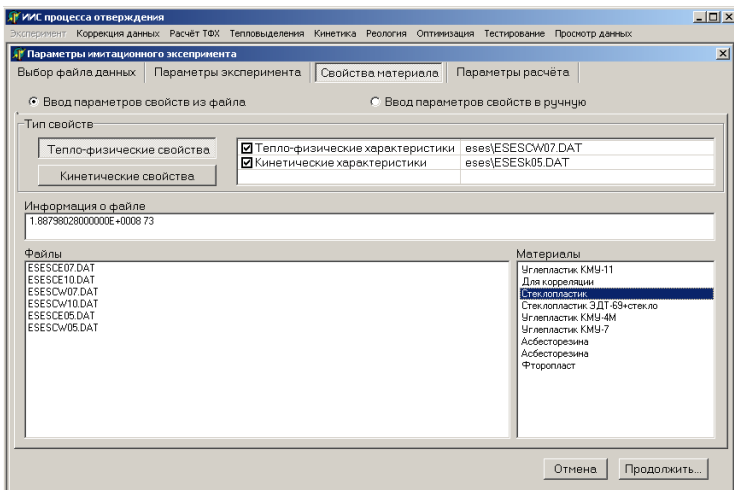


Рис. 1. Ввод свойств полимерного материала из базы данных ИИС

Как видим, интерфейс ввода построен по принципу окон с контекстными подсказками, что делает работу с прикладным программным обеспечением ИИС простой и не требует от пользователя специальных знаний и навыков.

При вводе данных по второму варианту и использовании свойств ПК, измеренных с помощью стандартного исследовательского оборудования, задаются свойства, измеренные в трех точках, по которым строится параболическая функция. Использован стандартный алгоритм параболической аппроксимации с локализацией координат надлежащих точек. Программная реализация модуля аппроксимации осуществлена, как и всё прикладное программное обеспечение ИИС, в среде программирования Borland Delphi в MS Windows. Пример моделирования и ввода функциональных зависимостей свойств полимерного материала в виде окна представлен на рис. 2.

Для моделирования нужной зависимости свойств ПК курсором захватываем и передвигаем красные точки (рис. 2) в любых направлениях (вверх-вниз, вправо-влево) в пределах окна графика и визуально подбираем соответствующий вид функциональной зависимости. Одновременно в поле графика выводятся точные значения координат  $X$ ,  $Y$  и имеется возможность точного задания значений температуры и степени отверждения, а также контроля значений моделируемых свойств. Кроме того, в окнах над соответствующими

графиками выводятся три коэффициента уравнения параболы. Предусмотрена возможность округления вычисленных коэффициентов с одновременным контролем полученного графика. Также имеется возможность непосредственного ввода в эти окна значений коэффициентов параболы в случае, если эта зависимость была получена ранее. В результате получаем зависимости теплоемкости и теплопроводности от температуры на равномерной сетке  $X, Y$ . Раздельно моделируются зависимости теплофизических характеристик отверждаемого и отвержденного материала, которые сохраняются в базе данных.

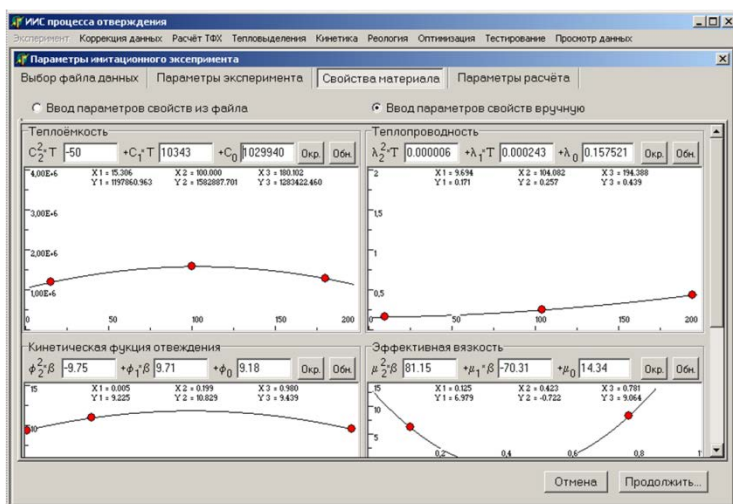


Рис. 2. Ввод функциональных зависимостей теплофизических, кинетических и реологических характеристик ПК

В отличие от теплофизических характеристик зависимости для кинетической функции  $\varphi(\beta)$  и структурной составляющей вязкости  $\tilde{\mu}(\beta)$  моделируются в полулогарифмических координатах, т. е. степень отверждения  $\beta$  задается на равномерной сетке, а  $\varphi(\beta)$  и  $\tilde{\mu}(\beta)$  в координатах  $\ln \varphi(\beta)$  и  $\ln \tilde{\mu}(\beta)$ . Полученные данные также сохраняются в базе данных.

Полученные теплофизические, кинетические и реологические свойства, введенные в базу данных ИИС, являются источником информации и ядром для моделирования и расчета оптимальных температурно-временных режимов отверждения изделий из ПК [6, 7].

## Заключение

Доработан пользовательский интерфейс ИИС исследования процесса отверждения полимерных композитов, позволяющий вводить данные о свойствах ПК, полученных с помощью стандартного исследовательского оборудования. Это значительно расширяет функциональные возможности ИИС процесса отверждения ПК и позволяет использовать прикладное программное обеспечение ИИС для расчета оптимальных технологических режимов отверждения изделий из ПК как самостоятельное приложение.

## Список литературы

1. Каблов, Е.Н. Материалы нового поколения и цифровые технологии их переработки // Вестник Российской академии наук. – 2020. – Т. 90. № 4. – С. 331–334.
2. Computer-measuring system for research into properties of glutinous prepregs and calculation of curing cycles of the polymer composite materials on their base / O.S. Dmitriev, S.V. Mischenko, A.O. Dmitriev, V.N. Kirillov // Polymer Science, Series D. – 2010. V. 3. № 1. – P. 20-25.
3. Автоматизированная система исследования процесса отверждения композиционных полимерных материалов / С.В. Мищенко, О.С. Дмитриев, Н.П. Пучков, А.В. Шаповалов // Промышленная теплотехника. – 1989. – Т. 11. № 5. – С. 79–83.
4. Дмитриев, О.С. Численно-аналитическое решение нелинейной коэффициентной обратной задачи теплопроводности / О.С. Дмитриев, А.А. Живенкова // Инженерно-физический журнал. – 2018. – Т. 91. № 6. – С. 1426–1437.
5. Дмитриев, О.С. Алгоритм расчета температурозависимых теплофизических характеристик полимерных композитов в ИИС/ О.С. Дмитриев, А.А. Живенкова, А.О. Дмитриев // Информатика: проблемы, методология, технологии. сб. матер. XXI международной научно-методической конференции. – Воронеж, 2021. – С. 302–307.
6. Dmitriev, O.S. Thermo-chemical analysis of the cure process of thick polymer composite structures for industrial applications / O.S. Dmitriev, A.A. Zhyvenkova, A.O. Dmitriev // Advanced Materials and Technologies. – 2016. № 2. – P. 53-60.
7. Дмитриев, О.С. Влияние режимов термообработки на геометрические и механические характеристики углепластиковых трубчатых элементов / О.С. Дмитриев, И.В. Малков // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2016. – Т. 22. № 3. – С. 427–438.

## **Сервис получения студентами своих учетных данных для доступа к ресурсам образовательного портала «Электронный университет ВГУ»**

Н. С. Дождёв, email: nikita.dojdiov@gmail.com

И. В. Протасова, email: protasova@vsu.ru

А. П. Толстобров, email: tap@vsu.ru

Воронежский государственный университет

**Аннотация.** *В данной работе рассматриваются вопросы совершенствования сервиса получения (восстановления) студентами своих учетных данных для доступа к ресурсам университетского образовательного портала «Электронный университет ВГУ».*

**Ключевые слова:** *образовательный портал, LMS-платформа Moodle, авторизация пользователей в портале.*

### **Введение**

Образовательный портал «Электронный университет ВГУ» [1], реализованный на базе LMS-платформы Moodle [2] уже на протяжении многих лет обеспечивает поддержку всех компонентов электронного обучения и использования дистанционных образовательных технологий в Воронежском государственном университете. Неотъемлемым условием обеспечения адресного доступа студентов к информационным образовательным ресурсам портала является авторизация студентов при входе в портал в соответствии с учетными данными их персональных профилей. Регистрация студентов в портале, создание их учетных данных осуществляется в университетском портале автоматически для каждого студента при его зачислении в университет. А получение студентом принадлежащих ему логина и пароля осуществляется с помощью соответствующего сервиса портала, осуществляющего идентификацию и аутентификацию студента по вводимым им персональным данным, определяемым соответствующей формой ввода [3, 4, 5].

Практика работы портала показала востребованность такого рода сервиса не только для первичного получения студентами своих учетных данных, но и для их восстановления при утрате. Последнее, в силу особенностей памяти студентов, к сожалению, оказывается гораздо более частым, чем хотелось бы. Хотя существующий сервис портала позволяет осуществлять такую операцию в автоматическом режиме, при

его практическом использовании имеют место достаточно частые отказы системы в выдаче студенту его учетных данных вследствие его ошибок при вводе своих персональных данных, необходимых для обеспечения его идентификации и аутентификации системой, как по причине невнимательности самого студента при ручном заполнения им необходимых полей формы ввода, так и из-за не зависящих от него, но, к сожалению, не редких ошибок в студенческом билете студента, когда вписанный в билет в номер, оказывается не совпадающим с номером, присвоенным студенту в приказе о зачислении. Этот номер используется системой при назначении персонального логина студента. Во всех такого рода случаях отказа системы в выдаче логина и пароля, для какого-то решения проблемы студент вынужден обращаться в техподдержку портала для ручного «разруливания» ситуации. В силу большого количества пользователей портала (десятки тысяч), это оказывается довольно напрягающим фактором для этой службы.

В связи с вышесказанным, было принято решение о переработке сервиса получения студентом своих учетных данных с целью сведения к минимуму возможности ошибок студента при ручном заполнении им задаваемых формой текстовых полей, например, своих ФИО. А также, для исключения ситуаций, когда, из-за невозможности ассоциирования студента ни с одним пользовательским профилем в базе данных по введенным данным, студент оказывается в неведении о том, что ему следует дальше делать, вынуждая его обращаться с неформализованным запросом в службу техподдержки портала.

### **Предлагаемые решения**

Предлагаемый модифицированный алгоритм взаимодействия студента с системой для получения им своих учетных данных выглядит следующим образом. Вначале студент должен указать данные, необходимые для его ассоциирования системой с существующим пользовательским профилем. А именно, указать факультет, ступень, направление и форму обучения для сокращения пространства поиска нужного профиля. Причем, важно, что все эти данные указываются не путем порождающего ошибки ручного ввода этих параметров в текстовые поля, а путем выбора их из соответствующих предлагаемых ему меню.

Для идентификации студента система далее предлагает указать ему дату своего рождения. Причем, опять же, вводить ее не в текстовом виде в том или ином формате представления дат, а с использованием календаря.

По указанным данным система находит подходящие к заданным условиям поиска профили. Как правило, это профили одного, или реже двух или более пользователей.

В последних случаях студенту предлагается выбрать самому, какой из предлагаемых профилей он считает своим. Для этого система предъявляет ему имена и отчества хозяев найденных профилей. Фамилии, при этом, не указываются, чтобы не раскрывать персональные данные владельца чужого профиля.

Если среди предлагаемых студенту имен и отчеств он не видит своих, то это означает, что его профиль и, соответственно, учетные данные в базе данных по каким-либо причинам отсутствуют. В этом случае система советует студенту для выяснения причины проблемы и ее устранения обратиться непосредственно в службу университета, ответственную за ведение кадровой базы данных контингента студентов.

Если студент увидел среди предложенных ему имен и отчеств свои собственные, то он указывает их, и система ассоциирует его с этим профилем.

Следующим этапом является аутентификация системой данного студента, то есть, выяснение того, что найденный профиль принадлежит именно ему, а не другой персоне. Для этого студенту предлагается ввести данные, которые являются неизвестными для других пользователей, а именно, ввести четыре последние цифры номера его паспорта.

При совпадении этих данных в базе данных, студент, запрашивающий сервис, считается аутентифицированным, и система в состоянии выдать ему соответствующие логин и пароль.

При этом система запрашивает у студента актуальный адрес его электронной почты, проверяя не принадлежит ли введенный адрес другому пользователю. В этом случае ему указывается, что следует указать другой почтовый адрес.

После этого система показывает студенту его логин и пароль, одновременно дублируя их в письме на указанный email.

Так как на каждом этапе описанной процедуры возможны и на практике имеют место ситуации, когда система не может идентифицировать и/или аутентифицировать студента, запрашивающего свои учетные данные. Причиной могут быть ошибки, связанные с некорректностью или отсутствием данных этого студента в базе данных системы, не совпадением этих данных с данными, вписанными в студенческий билет студента. Решение такого рода коллизий, уже находится в компетенции не службы поддержки работы портала, а служб университета, ответственных за управление информационной

системой контингента студентов. В этих случаях система выдает студенту пояснение о сути возникшей проблемы и направляет его в соответствующую службу университета, которая компетентна в решении возникшей проблемы.

### Реализация сервиса

Описанный сервис получения студентами актуальных учетных данных для входа в образовательный портал университета был практически реализован в форме плагина, подключаемого к LMS-порталу Moodle, и апробирован на тестовом и рабочем сайтах портала «Электронный университет ВГУ».

В качестве иллюстрации, на рисунке ниже приведен скриншот страницы сервиса на определенном этапе его использования.

Формуляр для поиска студента:

- Факультет: Юридический факультет
- Степень: Бакалавр
- Специальность/Направление: 40.03.01 Юриспруденция
- Форма обучения: Очная
- Дата рождения: 5 августа 2001

Кнопка: Поиск

Выбор студента:

- Дарья Андреевна
- Мария Андреевна

Для подтверждения того, что отмеченные вами Имя и Отчество принадлежат именно вам, введите, пожалуйста, последние четыре цифры номера вашего паспорта (удостоверения личности) и нажмите кнопку «Ввод»

Ввод

Рисунок. Скриншот страницы сервиса

Произведенная модернизация сервиса получения студентами учетных данных для входа в портал позволяет устранить большинство ситуаций, связанных с отказами, по тем или иным причинам, в выдаче

студенту учетных данных и требующих «ручного» разбирательства службой техподдержки.

### Список литературы

1. «Электронный университет ВГУ» [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://edu.vsu.ru>
2. LMS Moodle [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://moodle.org>
3. Васильев, А.В. Система обработки инцидентов в образовательном портале ВГУ на базе системы e-learning Moodle / А.В. Васильев, А.П. Толстобров С. 151-156 Информатика : проблемы, методология, технологии : материалы 16-й Международной научно-методической конференции, Воронеж 11-12 февраля 2016 г. : 7-я Международная школа-конференция "Информатика в образовании" Воронеж, 2016 ISBN 978-5-9907623-1-2
4. Васильев, А.В. Автоматизация процессов управления доступом пользователей в образовательном портале ВГУ на базе системы e-learning Moodle / А.В. Васильев, А.П. Толстобров № 4. – С. 101-109 Вестник Воронежского государственного университета. Сер. Системный анализ и информационные технологии Воронеж, 2015
5. Толстобров, А. П. Automation of User Access Control Processes on the Educational Portal of Voronezh State University Based on Moodle E-learning System / А. П. Толстобров, А. Васильев N 7(6). – P. 132-138 Automation, Control and Intelligent Systems New York, USA, 2019 ISSN 2328-5583



# Информационная система сбора, обработки и визуализации данных воздушной обстановки в регионе

А. А. Донцов, email: andrey-doncow@yandex.ru

Н. К. Самойлов, email: nk.samoylov@gmail.com

Воронежский государственный университет

**Аннотация.** В данной работе рассматривается вариант реализации программы для сбора данных о летательных аппаратах в определённом регионе и дальнейшей визуализации накопленной информации посредством диаграмм и геокодирования.

**Ключевые слова:** геокодирование, летательный аппарат, трек, информационная система, парсинг веб-страницы.

## Введение

Ежедневно в воздух поднимается большое количество летательных аппаратов, которые выполняют различные задачи: перевозка грузов, перевозка пассажиров, ведение разведывательных действий и т.д. Существуют сервисы, которые позволяют получать информацию о воздушной обстановке в реальном времени: тип самолёта, номер самолёта, его скорость в текущий момент, высота, координаты, трек с начала полёта и другие параметры и характеристики. В целях систематизации данных о воздушной обстановке для дальнейшего анализа была поставлена задача разработать систему сбора, обработки и визуализации данных полётов летательных аппаратов.

Оценка воздушной обстановки позволяет решить ряд важных задач. Например, визуализация треков летательных аппаратов поможет определить влияние авиации на экологическую обстановку в конкретном регионе, а также выявить наиболее подверженные загрязнению от продуктов сгорания авиационного топлива регионы. Не менее важная в наше время задача – обеспечение войск информационных операций данными о интенсивности и характере полётов вдоль границ Российской Федерации или в любом заданном регионе.

## 1. Сбор данных

В качестве источника данных был выбран открытый веб-ресурс <http://planeradarg.ru>, который на карте показывает информацию о воздушной обстановке в реальном времени. Данный сервис собирает

информацию с децентрализованных источников – частных приёмников ADS-B сигнала и визуализирует её.

Поскольку сервис <http://planeradar.ru> не имеет публичного API для получения данных было решено осуществлять сбор данных посредством парсинга содержимого страницы сервиса. Данный метод также позволяет пользоваться фильтрацией летательных аппаратов или выбором области карты, которые уже есть на странице сервиса.

Для разработки программы был выбран язык программирования Python3 [4], из-за удобства использования в реализации подобных задач и наличия необходимых вспомогательных пакетов и инструментов. В качестве базы данных была выбрана PostgreSQL 13.

Для реализации парсинга веб-страницы была выбрана библиотека Selenium, с её помощью запускается отдельное окно браузера с открытой страницей сервиса, затем пользователь производит необходимые настройки фильтров и региона на карте, запускается сбор данных. После запуска сбора данных программа с заданной периодичностью перебирает все видимые в данном регионе летательные аппараты и складывает информацию о них в список, а в конце перебора список записывается в базу данных.

Для работы с базой данных используется библиотека SQLAlchemy [5]. В базу данных записываются данные о летательных аппаратах и их геоданные в конкретный момент времени. Схема базы данных представлена на рис. 1.

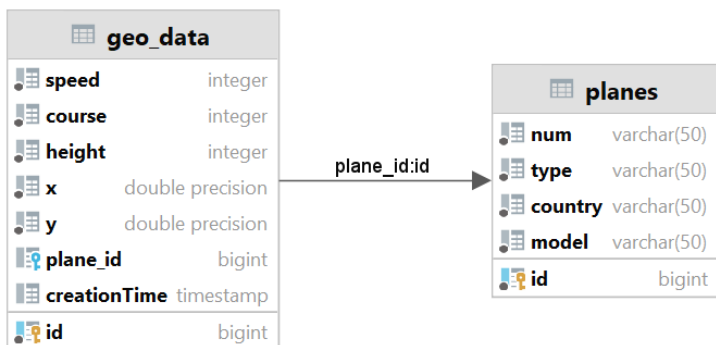


Рис. 1. Схема базы данных

Диаграмма последовательности, описывающая общую схему взаимодействия информационной системы с пользователем и внешними компонентами представлена на рис. 2.

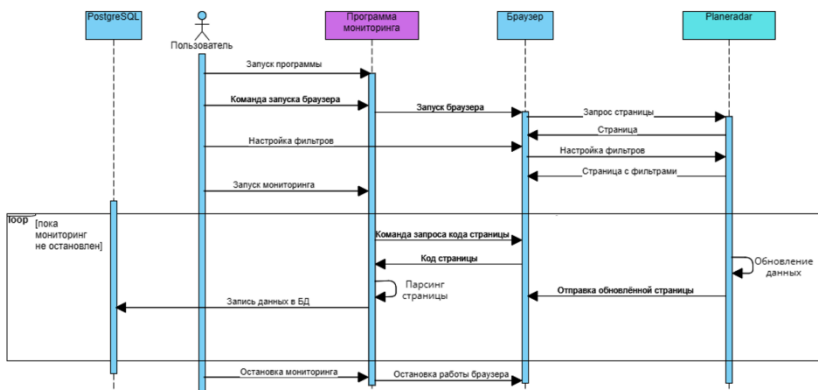


Рис. 2. Диаграмма последовательности

## 2. Построение треков

Один из способов визуализации накопленных данных в программе – построение трека маршрута летательного аппарата. Возможно построение треков всех летательных аппаратов, летательных аппаратов определённой модели или конкретного летательного аппарата по его номеру.

Для реализации геокодирования используется библиотека Folium [2], используемая карта – OpenStreetMap. После формирования трека карта сохраняется в формате html.

На рис. 3 представлен пример построения трека летательного аппарата по его номеру (данные на 14.12.2021). Также показано, что при нажатии на любую из точек трека будут показаны следующие данные: номер, модель, высота, скорость и время. На рис. 4 показан пример построения треков всех самолётов, которые хранятся в базе данных (данные на 14.12.2021).

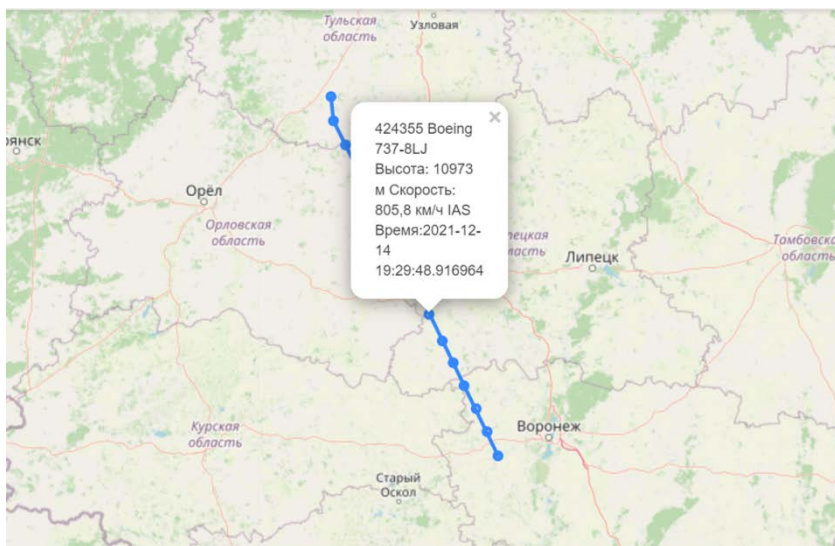


Рис. 3. Пример построения трека самолёта с номером “424355”

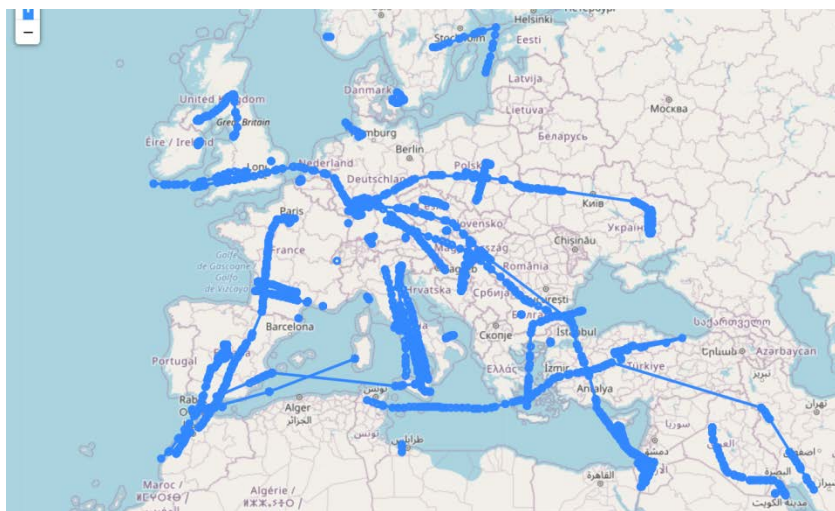


Рис. 4. Пример построения треков всех самолётов в базе данных

### 3. Пользовательский интерфейс

В целях удобства работы с программой был реализован оконный пользовательский интерфейс. Для реализации интерфейса была

использована библиотека Tkinter [1]. На рис. 5 представлен интерфейс программы после запуска.

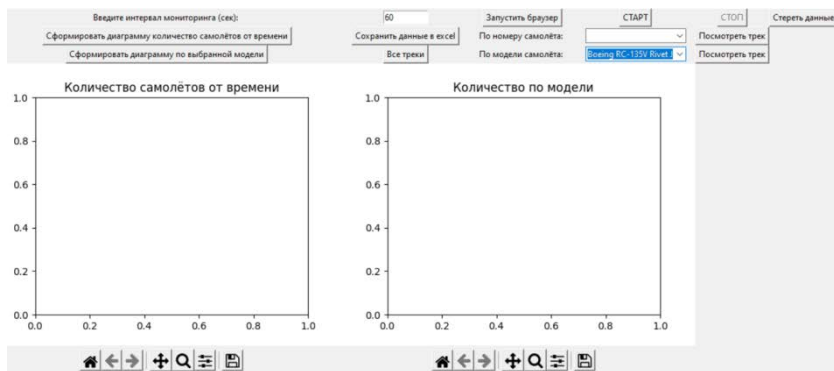


Рис. 5. Пользовательский интерфейс программы после запуска

Функционал предоставляет пользователю следующие возможности:

- Выбрать временной интервал мониторинга (в секундах);
- Запустить браузер для настройки фильтров и региона мониторинга;
- Начать или приостановить мониторинг;
- Стереть данные в базе данных;
- Экспортировать данные из базы данных в формате excel;
- Формировать треки летательных аппаратов (по номеру самолёта, по модели самолёта или все треки);
- Сформировать диаграмму зависимости количества летательных аппаратов в воздухе от времени;
- Сформировать диаграмму зависимости количества самолётов выбранной модели от времени.

При запущенном мониторинге диаграмма «Количество самолётов от времени» формируется в процессе мониторинга автоматически. На рис. 6 приведён пример визуализации данных об обстановке в регионе в виде диаграмм.

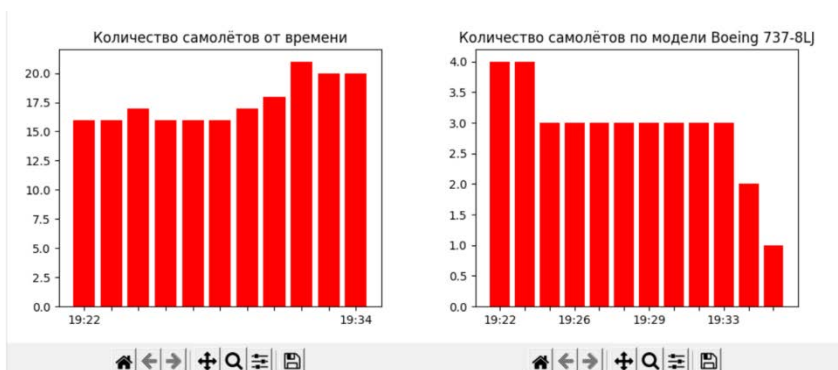


Рис. 6. Пример визуализации в виде диаграмм

На рис. 7 приведён пример выгруженных данных по самолётам в excel. На рис. 8 приведён пример геоданных для конкретного самолёта (данные на 14.12.2021).

id	Номер	Тип	Страна	Модель					
1	4242D5	Гражданс	Bermuda	Bombardier CRJ 200ER					
2	42436B	Гражданс	United Kin	Boeing 737-8AL					
3	424416	Гражданс	United Kin	Embraer ERJ-170SU					
4	155C1A	Гражданс	Russia	Sukhoi Superjet 100 95 B					
5	155C1C	Гражданс	Russia	Sukhoi SuperJet 100-95					
6	424355	Гражданс	United Kin	Boeing 737-8LJ					
7	42436C	Гражданс	United Kin	Boeing 737-8LJ					
8	424395	Гражданс	United Kin	Airbus A320-214					
9	42439D	Гражданс	United Kin	Airbus A321-211					
10	42442C	Гражданс	United Kin	Boeing 737-8LJ					
11	42463E	Гражданс	United Kin	Airbus A320-251N					
12	471F8D	Гражданс	Hungary	Airbus A320 232SL					
13	4C1A45	Гражданс	Serbia	Bombardier Challenger 350					
14	504E5A	Гражданс	Moldova	Boeing 747 433BDSF					
15	51007F	Гражданс	Belarus	Embraer EMB-195 LR					
16	89630C	Гражданс	United Ar	Boeing 777 31HER					
17	8963DB	Гражданс	United Ar	Boeing 777 31HER					
18	06A0BB	Гражданс	Qatar	Boeing 787 8					
19	424255	Гражданс	Bermuda	Airbus A320 214SL					
▶	<b>Самолёты</b>	4242D5	42436B	424416	155C1A	155C1C	424355	42436C	4

Рис. 7. Данные по самолётам в формате excel



3. Folium 0.12.1 documentation [Электронный ресурс]: сайт. –  
Режим доступа: <https://python-visualization.github.io/folium/>
4. Matplotlib 3.6.2 documentation [Электронный ресурс]: сайт. –  
Режим доступа: <https://matplotlib.org/stable/index.html>
5. Python 3.9.14 documentation [Электронный ресурс]: сайт. –  
Режим доступа: <https://docs.python.org/3.9/>
6. SQLAlchemy 1.4 Documentation [Электронный ресурс]: сайт. –  
Режим доступа: <https://docs.sqlalchemy.org/en/14/>



# Разработка программного обеспечения по оценке необходимого количества сил и средств для ликвидации чрезвычайных ситуаций

Ш. К. Кадиев, email: kadiev\_s@inbox.ru  
Р. Ш. Хабибулин, email: kh-r@yandex.ru

Академия Государственной противопожарной службы МЧС России

**Аннотация.** *В работе обосновывается необходимость разработки программного обеспечения по определению необходимого количества сил и средств для реагирования на чрезвычайные ситуации. Описываются общие требования к программе, функциональные, системные требования, а также требования к архитектуре.*

**Ключевые слова:** *управление, классификация, чрезвычайная ситуация, программа, техносферная безопасность.*

## Введение

Ежегодно на территории Российской Федерации происходит большое количество чрезвычайных ситуаций (далее – ЧС) как природного, так и техногенного характера. Например, в период с 2017 по 2021 годы было зарегистрировано 1506 ЧС, из которых 925 техногенных [1].

Актуальность разработки программного продукта, который с использованием моделей и алгоритмов машинного обучения определяет необходимое к реагированию на ЧС количество сил и средств, связана с большим количеством погибших и пострадавших, а также значительным материальным ущербом [2]. На сегодняшний день отсутствует научно-обоснованная информационная система, которая оказывает помощь лицу, отвечающему за отправку людей и техники к месту ЧС с учетом ретроспективных данных. Вместе с тем, оперативное и достаточное реагирование на ЧС поможет оказать своевременную помощь пострадавшим, снизить возможный материальный ущерб [3].

Для исследования предметной области и реализации полученных результатов в компьютерной среде разработаны: модели и алгоритмы реагирования, база данных ЧС техногенного характера, модель поиска прецедентов реагирования на ЧС. Проведен опрос специалистов, отвечающих за реагирование в центрах управления в кризисных ситуациях [4], а также проведен кластерный анализ чрезвычайных

ситуаций техногенного характера. Блок-схема полученных результатов представлена на рисунке 1.

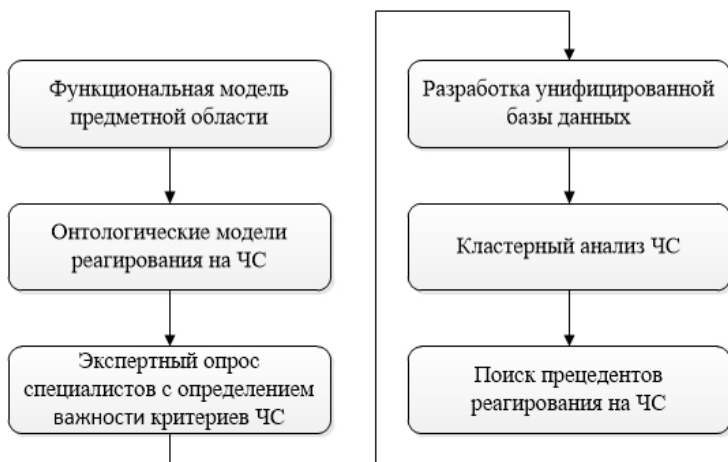


Рис. 1. Блок-схема результатов проведенного исследования

Таким образом, получены результаты и сформирована структура необходимая для реализации моделей и алгоритмов в программном продукте, задачей которого будет определение (прогнозирование) необходимого количества сил и средств для ликвидации ЧС.

Программное обеспечение предназначено для повышения эффективности работы лица, принимающего решение (ЛПР), в том числе с целью сокращения времени для принятия решения при ЧС и должно решать следующие задачи:

- обработка и хранение данных в БД;
- кластеризация и поиск схожих precedентов;
- выдача рекомендаций по количеству необходимой техники и людей для ликвидации ЧС.

Структура программы состоит из следующих элементов (рис. 2):

- модуль создания системы (служит для создания правил функционирования программы);
- интерпретатор (выполняет команды, написанные на языке программирования);
- модуль ввода и обработки исходных данных;
- база данных и база знаний;
- модуль кластерного анализа;

- поиск прецедента реагирования на ЧС (внутри соответствующих кластеров);
- модуль формирования решения;
- интерфейс пользователя.



Рис. 2. Структурная схема (архитектура) программного обеспечения по определению количества необходимых сил и средств для реагирования на ЧС

В модуле кластерного анализа [5] исходная чрезвычайная ситуация попадает в соответствующий кластер, где с помощью алгоритма поиска прецедента реагирования на ЧС [6] определяется ближайшая к заданной по близости критериев ЧС. На финальном этапе программа отображает рекомендации для лица принимающего решения по количеству необходимой техники и людей для реагирования на заданную чрезвычайную ситуацию.

С точки зрения реализации программа должна быть представлена несколькими модулями:

- база данных ЧС;
- алгоритм кластерного анализа чрезвычайных ситуаций;
- модель поиска прецедентов реагирования на ЧС.

Основными целями внедрения разрабатываемого программного обеспечения является:

- повышение эффективности управления и организации процесса отправки сил и средств к месту ЧС;
- снижение времени принятия решений в условиях большого количества исходной информации за счет применения информационных технологий и машинного обучения.

## **Заключение**

Использование методов машинного обучения для кластеризации ЧС значительно облегчит работу как лицам, принимающим решения, так и непосредственно реагирующим подразделениям на ликвидацию чрезвычайной ситуации.

В работе продемонстрирована актуальность разработки программного средства по определению количества сил и средств для ликвидации ЧС. Рассмотрены основные модели и алгоритмы используемые в реализации программы, в том числе, применяются методы машинного обучения для ранжирования ЧС и получения кластеров. Следует отметить, что невозможно использование только одного алгоритма и для получения эффективных и точных данных необходимо тестировать несколько алгоритмов, соответствующих задаче. Также, в настоящее время ведется работа по наращиванию прецедентов для базы знаний с целью проведения более глубокого кластерного анализа и обработки полученных результатов.

## **Список литературы**

1. Чрезвычайные ситуации и их последствия в 2021 г.: статистич. сб. / д-р техн. наук А.А. Порошин, канд. техн. наук Ю.А. Матюшин, канд. техн. наук А.Г. Фирсов, А.М. Арсланов, В.Н. Копченков. М.: ВНИИПО, 2022. с. 70.
2. Осипов А. Э., Борисова Л. Р. Применение методов одномерной и многомерной статистики для анализа чрезвычайных ситуаций // Технологии гражданской безопасности. – 2015. – Т. 12. – №. 2 (44). – С. 50–53.
3. Дубровский А. В., Иванов А. Е., Никитин В. Н. Структура программного обеспечения оперативного реагирования и оповещения при возникновении чрезвычайных ситуаций //Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2016. – №. 7. – С. 38–44.
4. Кадиев Ш.К., Хабибулин Р.Ш., Рыженко Н.Ю. Результаты анкетирования специалистов центров управления в кризисных ситуациях по вопросам реагирования на чрезвычайные ситуации // Технологии техносферной безопасности. 2022. Вып. 2 (96). С. 103–122. <https://doi.org/10.25257/TTS.2022.2.96.103-122>
5. Хабибулин, Р.Ш. Кластерный анализ в области предупреждения и ликвидации пожаров и чрезвычайных ситуаций / Р.Ш. Хабибулин // Технологии техносферной безопасности. – 2022. – № 3(97). – С. 202–214.
6. Хабибулин Р. Ш., Кадиев Ш. К. Алгоритм поиска прецедентов в онтологической базе знаний чрезвычайных ситуаций техногенного характера с учетом важности критериев // Проблемы управления безопасностью сложных систем: материалы XXX. – 2022. – с. 448.

## Представление темпоральной модели данных в банковской информационной системе

Н. О. Пономарев, email: fores863@gmail.com

Санкт-Петербургский государственный экономический университет

**Аннотация.** *В статье исследуется темпоральная модель данных для реляционных СУБД. Делается акцент на расширенных функциональных возможностях темпоральной структуры по сравнению с обычными моделями данных. На примере банковской информационной системы описываются особенности структуры таблиц и написание запросов на выборку данных. На основе проделанной работы автор обозначает ключевые векторы развития в данной научной области.*

**Ключевые слова:** *темпоральная модель данных, темпоральная база данных, структура данных, SQL, СУБД.*

### Введение

Время – важный аспект всех явлений реального мира. События происходят в определенные моменты времени; объекты и отношения между объектами существуют с течением времени. Способность моделировать это временное измерение реального мира необходима для многих областей, таких как эконометрика, банковское дело, контроль запасов, бухгалтерский учет, юриспруденция, медицинские записи, наземные и географические информационные системы и бронирование авиабилетов.

Обычные базы данных представляют состояние предприятия в отдельный момент времени. Хотя содержимое базы данных продолжает меняться при добавлении новой информации, эти изменения рассматриваются как модификации состояния, при этом старые, устаревшие данные удаляются из базы данных. Текущее содержимое базы данных можно рассматривать как данные, актуальные на определенный момент времени. В таких системах атрибутами, включающими время, управляют исключительно прикладные программы; система управления базами данных (СУБД) интерпретирует даты как значения в базовых типах данных.

Данные банковской информационной системы существуют в динамике. Внутри банковской системы протекает много изменений: меняются условия договора с клиентами, заключаются дополнительные

соглашения, счета клиентов открываются и закрываются. При этом для построения внутренней отчетности и анализа необходима историчность данных.

В этой статье предпринята попытка охватить и обобщить основные концепции, подходы и стратегии внедрения темпоральной модели данных, которые были сформированы в результате этого исследования. Сначала будет исследована временная область: ее структура, размерность. Далее будет проведен анализ темпоральной модели данных в банковской сфере.

### **Темпоральность в банковской системе**

Итак, темпоральность данных предполагает, что в СУБД происходит не хранение актуальной копии данных на текущий момент времени, а данных за все время существования СУБД с темпоральной моделью. С помощью данного подхода появляется функциональность:

- Аудит по изменению данных и экспертиза данных
- Восстановление данных на момент времени
- Вычисление тренда с течением времени
- Поддержание *slowly changing dimensions*
- Восстановление после случайных ошибок в данных и ошибок в загрузчиках

Для внедрения ТМД требуются средства обеспечения ее непротиворечивости и целостности. Под этим понимается не только необходимая структура хранения данных и наличие расширенного списка полей, но и так же специальное обновление, вставка и извлечение данных.

### **Описание темпоральной модели и возможной структуры**

Для описания темпоральной модели и возможной структуры приведем примеры двух таблиц в реляционной СУБД.

Первая таблица – «Договоры в группе риска».

Таблица 1

*Договоры в группе риска*

<b>№ п/п</b>	<b>Поле</b>	<b>Наименование поля</b>	<b>Тип данных</b>	<b>Доп. тип данных</b>
1	agreement_id	ID договора	decimal	Числовой
2	reserve_rate	Ставка резервирования	decimal	Числовой
3	risk_group_num	Номер группы кредитного риска	varchar	Текстовый

## Окончание таблицы 1

№ п/п	Поле	Наименование поля	Тип данных	Доп. тип данных
4	loan_quality_name	Качество обслуживания долга	varchar	Тестовый
5	effective_from_dt	Дата начала действия записи	date	Дата (Интервальная)
6	effective_to_dt	Дата окончания действия записи	date	Дата (Интервальная)
7	is_effective	Флаг активной записи	tinyint	Числовой
8	deleted_flg	Флаг удаленной записи	tinyint	Числовой
9	last_load_dttm	Дата загрузки записи	date	Дата
10	initial_load_id	Идентификатор запуска процесса загрузки	int	Числовой
11	last_load_id	Идентификатор загрузки записи	int	Числовой

В таблице присутствуют системные поля, предназначенные для создания новой структуры взаимодействия с данными. Опишем ключевые для темпоральной модели. `Effective_from_dt` и `effective_to_dt` образуют полуоткрытый интервал [`effective_from_dt`, `effective_to_dt`). В свою очередь у каждой записи появляется диапазон, в котором она является валидной. Актуальная же запись имеет открытый интервал в плюс бесконечность. При загрузке актуальной информации о договоре старый интервал закрывается текущей датой, и создается новый интервал.

Рассмотрим таблицу «Договор».

В таблице «Договор» структура системных полей аналогична таблице «Договоры в группе риска». Это является не случайным, при создании темпоральной модели данных необходимо, чтобы все объекты в системе имели одну и ту же структуру для правильного понимания данных, а также для правильного анализа данных. Темпоральная модель данных позволяет легко менять актуальную информацию и в таблицах-словарях при необходимости без сложностей с изменением текущей структуры, что позволяет гибко расширять и дополнять модель данных.

*Договор*

№ п/п	Поле	Наименование поля	Тип данных	Доп. тип данных
1	agreement_id	ID договора	decimal	Числовой
2	Agreement_sid	Внутренний ID договора	varchar	Текстовый
3	Agreement_class_id	ID класса договора	decimal	Числовой
4	effective_from_dt	Дата начала действия записи	date	Дата (Интервальная)
5	effective_to_dt	Дата окончания действия записи	date	Дата (Интервальная)
6	is_effective	Флаг активной записи	tinyint	Числовой
7	deleted_flg	Флаг удаленной записи	tinyint	Числовой
8	last_load_dttm	Дата загрузки записи	date	Дата
9	initial_load_id	Идентификатор запуска процесса загрузки	int	Числовой
10	last_load_id	Идентификатор загрузки записи	int	Числовой

**Темпоральные запросы**

Темпоральная модель данных представляет широкий круг запросов на выборку данных. Основные из них рассматриваются в таблице в зависимости от отсекающих условий по темпоральным полям.

Таблица 3

*Правила на запросы на выборку данных*

Выражение на выборку	Условие на поля	Примечание
На заданную дату(date_time)	effective_from_dt <= date_time AND effective_to_dt > date_time	Возвращает таблицу со значениями, действительными на указанный момент времени в прошлом.



Выражение на выборку	Условие на поля	Примечание
Интервал (start_date, end_date)	effective_from_dt < end_date AND effective_to_dt > start_date	Возвращает таблицу со значениями, которые были действительны в заданном интервале.
Между start_date и end_date	effective_from_dt <= end_date AND effective_to_dt > start_date	То же, что и в предыдущем примере, но возвращаемая таблица включает строки, которые попадают верхнюю границу
Содержится в [start_date, end_date]	effective_from_dt >= start_date AND effective_to_dt <= end_date	Возвращает все строки, которые были открыты и закрыты в данном отрезке
Вся таблица	- (Нет условия)	Возвращает таблицу с полной историзацией

В данной статье будет рассмотрен пример темпорального запроса на заданную дату N, так как данный тип запросов чаще всего встречается в банковской информационной системе для построения отчетности.

Листинг

*Запрос на выборку данных на дату 06.12.2022*

```
with dateT AS (
    select '2022-12-06' as date_dok
), example as (
SELECT a.agreement_sid,a.agreement_class_id, arg.*
    from dateT

        inner join dds.t_dim_agreement a on
            a.effective_from_dt <= dateT.date_dok
            and
            a.effective_to_dt > dateT.date_dok
        inner join dds.t_dim_agreement_risk_group arg on
            arg.agreement_id = arg.agreement_id
            and
            arg.effective_to_dt > dateT.date_dok)
SELECT * FROM example;
```

Запрос был написан с помощью Transact-SQL. В текущем примере была выбрана дата 6 декабря 2022 года. С помощью обобщенного табличного выражения было реализовано слияние двух темпоральных таблиц на заданную дату. По такой же структуре представляется возможным построение более сложных запросов:

- Объединение большего количества таблиц
- Вычисление промежуточных результатов и их использование в качестве части обобщенного табличного выражения
- Применение оконных функций

## **Заключение**

Представление темпоральных данных необходимо во многих ИС, включая банковскую, но до сих пор нет удобного и доступного инструмента для СУБД по хранению таких данных. Это приводит к тому, что большинство темпоральных моделей строятся поверх реляционных баз данных, что требует компетенций для разработчиков на всех уровнях: от проектировщиков модели данных, до конечных потребителей (аналитиков данных).

В данной статье была рассмотрена и описана темпоральная модель данных внутри банковской информационной системы. Также была представлена структура данных, описанная с помощью двух таблиц. На основе представленных таблиц реализован запрос на извлечение данных.

Исходя из динамики роста количества данных и снижения цен на носители информации, в качестве дальнейшего вектора исследования в области темпоральной модели может служить разработка новых алгоритмов хранения и обработки информации, что позволит сделать новый шаг к анализу исторических данных.

## **Список литературы**

1. Костенко Б.Б. История и актуальные проблемы темпоральных баз данных [Электронный ресурс] / Б.Б. Костенко. – Режим доступа: [www.citforum.ru/database/articles/temporal](http://www.citforum.ru/database/articles/temporal)
2. А. Н. Базаркин, “Представление темпоральных данных в МИС Интерин PROMIS”, Программные системы: теория и приложения, 1:4 (2010), 3–21
3. Документация Microsoft Temporal Tables: сайт. – Режим доступа: <https://learn.microsoft.com/en-us/sql/relational-databases/tables/temporal-tables?view=sql-server-ver16>
4. Бен-Ган Ицик Оконные функции в T-SQL / Ицик Бен-Ган. – Москва: ДМК-Пресс, 2022 г. – 344 с. – ISBN 978-5-93700-139-9
5. Snodgrass R.T. Adding Valid Time to SQL / Temporal / R.T. Snodgrass. – San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers, 2000. – 87 p.
6. Snodgrass R. et al. Temporal databases //Computer. – 1986. – Т. 19. – №. 09. – С. 35-42.
7. Tansel A. U. et al. (ed.). Temporal databases: theory, design, and implementation. – Benjamin-Cummings Publishing Co., Inc., 1993.

# Применение решений искусственного интеллекта в создании кроссплатформенного и высокотехнологичного предприятия

Л. В. Путькина, e-mail: PutkinaLV@gmail.com

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
экономический университет»

**Аннотация.** *В статье рассматриваются применение решений искусственного интеллекта в ИТ-инфраструктуре предприятия. Новые технологии в ближайшем будущем изменят бизнес-модели и бизнес-процессы в компании. Применение новых платформ создадут конкурентные преимущества предприятию.*

**Ключевые слова:** *Решения искусственного интеллекта, цифровое общество, новые сквозные технологии, бизнес-платформа, Big Data, ИТ-инфраструктура предприятия.*

## Введение

В настоящее время среди новых информационных технологий наибольший интерес представляет применение искусственного интеллекта в ИТ-инфраструктуре предприятия.

Рынок искусственного интеллекта в России значительно вырос в сфере услуг, в исследованиях и разработках, в финансовой сфере и аналитике. Российские компании активно используют технологии ИИ, которые существенно изменяют бизнес-процессы на предприятии.

### 1. Использование решений искусственного интеллекта при формировании ИТ-инфраструктуры предприятия

Расходы на решения ИИ ежегодно растут, изменяется бюджет предприятия, ИТ-проекты предполагают расширение ИТ-инфраструктуры предприятия (рис. 1).

По данным источника: TAdviser: крупные компании используют решения ИИ (68%), часть респондентов планируют начать использовать решения ИИ в течение ближайших двух лет, остальные компании в ближайшее время не планируют использовать решения ИИ (рис. 2).

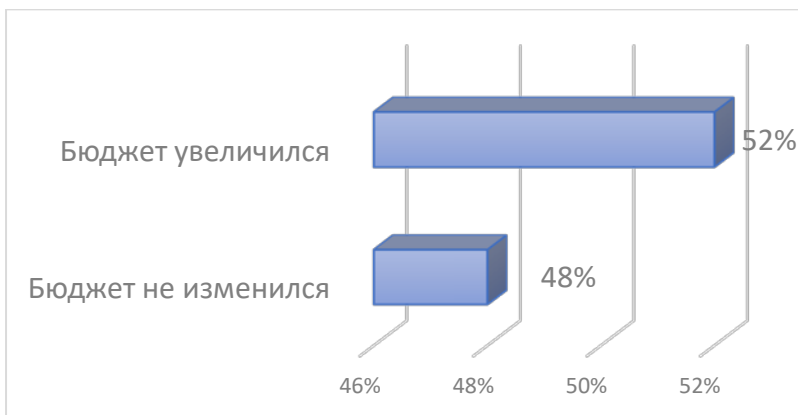


Рис. 1. Изменение бюджета компаний на решения ИИ

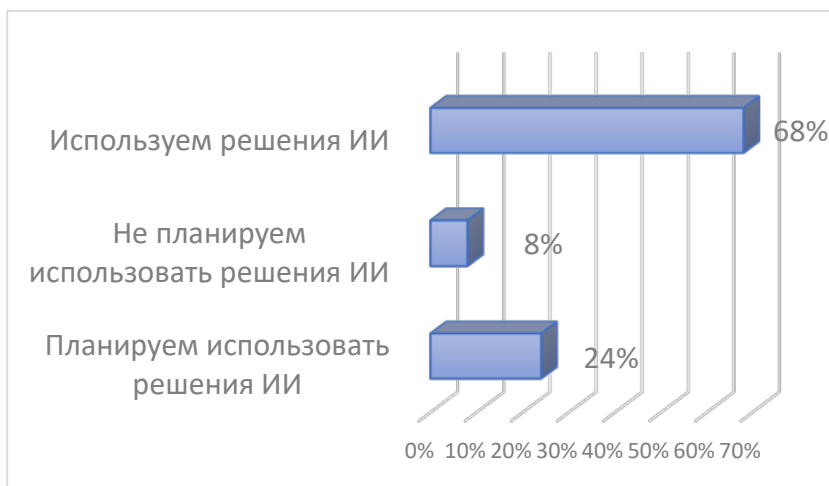


Рис. 2. Статистика использования компаниями решений ИИ

Из всех технологий ИИ выделяются пять, которые в ближайшем будущем изменят бизнес-модели и бизнес-процессы в компании.

1. Средства автоматизации повышают эффективность труда, например к таким средствам можно отнести системы с решениями ИИ. Между сотрудниками и ИИ организуются партнерские отношения, что позволяет уменьшить ошибки в процессе выполнения операций и

сокращает рутинные операции. При принятии решения сотрудник отвечает на вопросы, на которые не может ответить ИИ.

2. Внешним отражением ИИ являются чат-боты. Бизнес-процессы взаимодействия предприятия с внешними и внутренними клиентами, поставщиками и конкурентами скорректированы чат-ботами. Голосовые и текстовые чат-боты работают по заранее составленному сценарию, с учетом опыта, который накоплен сотрудниками компании. Скорректирован бизнес-процесс обслуживания клиентов, например чат-бот подсказывает, что клиенту необходимо выполнить, отвечает на вопросы, помогает решить актуальные задачи.

3. Для решения бизнес-задач в различных отраслях применяется машинное обучение, которое оптимизирует бизнес-процессы компании. Например, можно распознать случаи мошенничества и предотвратить их с помощью машинного обучения и экспертов-аналитиков.

4. На предприятии проводится мониторинг на предмет возможных рисков и предотвращаются системные ошибки с помощью системы управления ИИ.

5. Разрабатываются платформы ИИ, создаются инструменты аналитики, в офисные пакеты программ, в ERP-системы и CRM-системы встраиваются средства ИИ, компанией приобретаются коробочные версии интеллектуальных приложений.

На уровнях разработки, проектирования, производства, логистики и продвижения применяется искусственный интеллект, выпускаются высококачественные изделия, изменяется производственный цикл процессов и ассортимент выпускаемой продукции.

Разнообразны форматы использования решений ИИ. Многие компании используют как арендованные мощности, так и собственные (рис. 3). Например, в компании Pony Express облачные сервисы используются для построения цифровых ассистентов и оптимальных маршрутов для курьеров.

Из графика видно, что компании используют облачные решения и параллельно собственные ресурсы.

Расходы на проекты с использованием искусственного интеллекта требуют не только расширения ИТ-инфраструктуры предприятия, закупки мощного оборудования, но и привлечение специалистов в области Data Science.

Выбор платформы для Big Data и решений искусственного интеллекта разнообразен, многие компании разрабатывают собственные платформы. Например, бот-платформа на базе микро сервисной архитектуры создана в Райффайзенбанке. При выборе платформы многие компании учитывают риски (рис. 4).

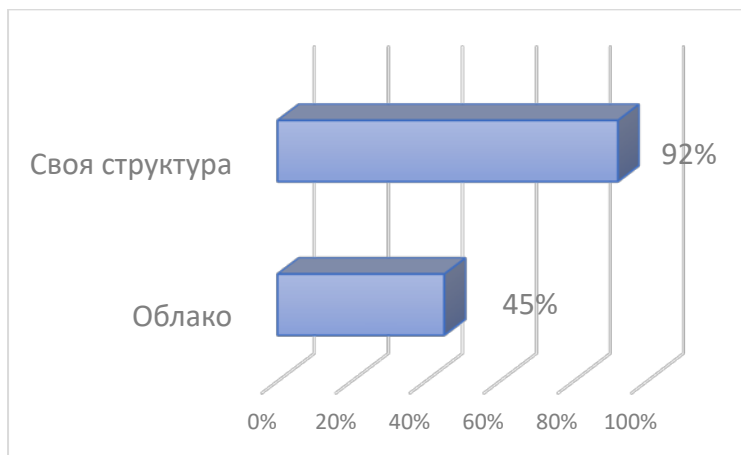


Рис. 3. Формат использования решений искусственного интеллекта

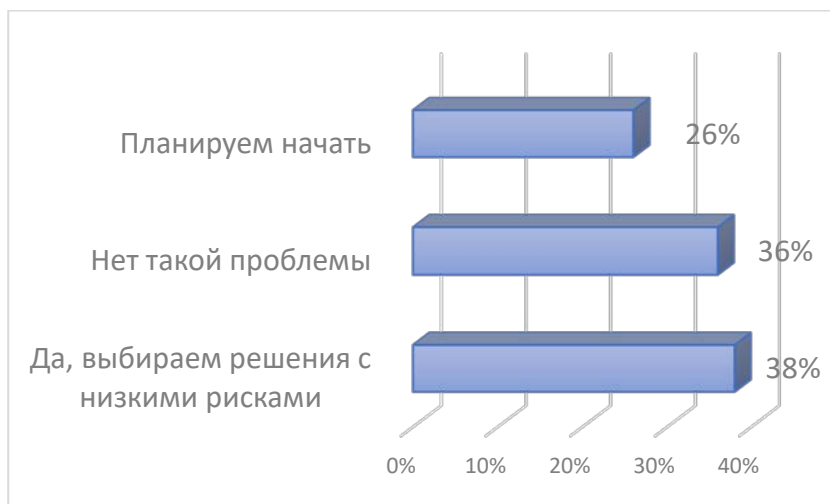


Рис. 4. Учет рисков при выборе платформы

Для решений искусственного интеллекта и Big Data компании при выборе платформы основываются на: стоимость, сервис и качество поддержки, производительность и импортозамещение (см. рисунок 5).

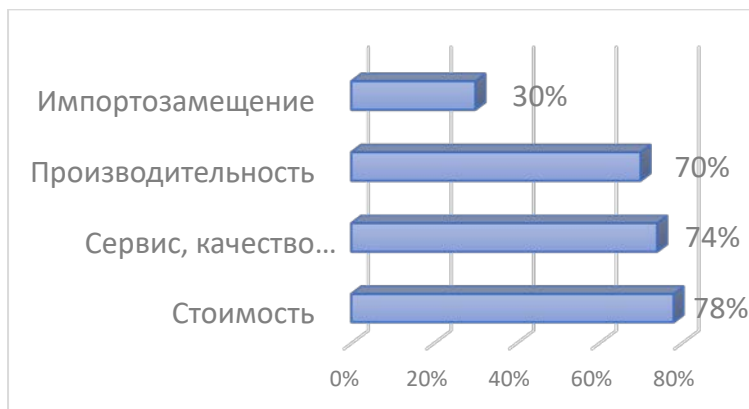


Рис. 5. Параметры выбора платформы для решений искусственного интеллекта и Big Data

По данным источника: TAdviser наиболее перспективными платформами для анализа Big Data большое количество респондентов определяют решения с открытым кодом Open Source и платной технической поддержкой, которая гарантирует определенный уровень SLA (78%). Приоритетны коммерческие платформы, которые разворачиваются в частном облаке, и используют собственную инфраструктуру – которая контролируется полностью заказчиком (64%). С точки зрения безопасности крупные компании не рассматривают использование открытых Open Source платформ.

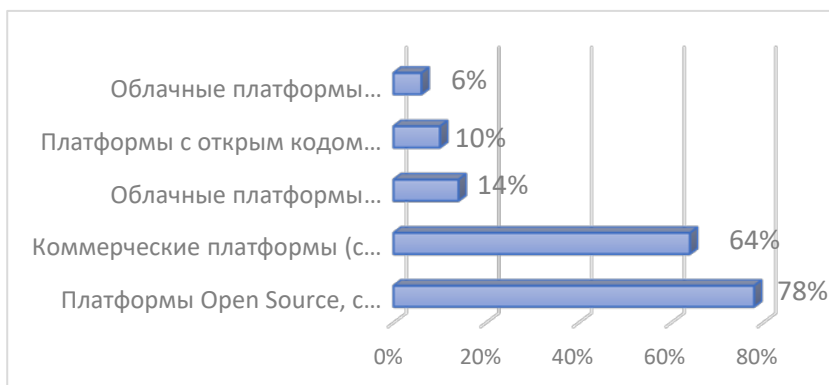


Рис. 6. Оценка перспективности платформ для решений искусственного интеллекта и Big Data

Применение новых платформ создадут следующие конкурентные преимущества предприятию:

1. Внутренние инновационные.
2. Внутренние стратегические.
3. Отраслевые.
4. Межотраслевые

Создание кроссплатформенного и высокотехнологичного предприятия в свою очередь приведёт к изменениям в области бизнес-стратегий и к изменениям в обеспечении предприятия ресурсами и новыми высококвалифицированными специалистами.

### **Заключение**

Новые сквозные технологии позволят сформировать бизнес-платформу с учетом стратегических и финансовых преимуществ, там, где необходимо сделать акцент на сложность и привлечённые инвестиции. В результате новая бизнес-платформа составит основу ИТ-инфраструктуры предприятия.

### **Список литературы**

1. Макарчук Т. А., Минаков В. Ф., Макарчук И. А. Система требований к обеспечению эффективного электронного документооборота компаний малого и среднего бизнеса // Фундаментальные исследования. 2017. № 10–3. С. 477-482.
2. Минаков В. Ф. От информационных потоков к трансферу знаний в индустрии 4.0 // Развитие науки и научно-образовательного трансфера логистики. Санкт-Петербург. 2019. С. 184–204.
3. Минаков В. Ф. Знания в инновационной модели цифровой экономики // В сборнике: Технологическая перспектива в рамках Евразийского пространства: новые рынки и точки экономического роста. Труды 5-й Международной научной конференции. 2019. С. 237–240. Путькина, Л. В. Корреляция экономического роста и информационных ресурсов // В сборнике: Россия, Европа, Азия: цифровизация глобального пространства. Сборник научных трудов II международного научно-практического форума. Под редакцией В.А. Королева. – Ставрополь, 2019. – С. 289–291.
4. Путькина, Л. В. Эффективность интеллектуальных технологий в ИТ-инфраструктуре предприятия // В сборнике: Производственные и информационные аспекты стратегического развития социально-экономических процессов. Сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции. Даугавпилсский университет, Белорусский государственный университет, Донецкий национальный университет, Белорусский государственный институт



проблем культуры, Международный инновационный центр-университет, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Санкт-Петербургский государственный экономический университет, Донской государственный технический университет, Северо-Кавказский федеральный университет, Ставропольский государственный аграрный университет – Ставрополь, 2020. – С. 364–368.

5. Путькина, Л. В. Эффективность реинжиниринга бизнес-процессов на предприятиях СКС // Современные аспекты экономики. – Санкт-Петербург, 2009. – №4 (141). – С. 32–34.

6. Путькина, Л. В. Системы дистанционного обучения на платформе Microsoft Office Sharepoint Server 2007 / Л. В. Путькина, Д. О. Деревинский // В сборнике: Дистанционное обучение в высшем профессиональном образовании: опыт, проблемы и перспективы развития. II Межвузовская научно-практическая конференция. Санкт-Петербургский Гуманитарный университет профсоюзов. – Санкт-Петербург, 2020. – С. 94–97.

7. Трофимов В. В. и др. Система формирования исследовательских компетенций и технологических заделов в научной и образовательной деятельности. - Санкт-Петербург: СПбГЭУ. 2018. 199 с.

# Обеспечение компьютерных исследований и физических экспериментов средствами воспроизведения получаемых результатов

М. М. Фадеев, email: fadeev\_mix@bk.ru

Московский авиационный институт  
(национальный исследовательский университет)

**Аннотация.** *В данной работе рассматриваются средства, обеспечивающие воспроизводимость получаемых результатов как доказательной базы применимости предлагаемых структур и алгоритмов в виде программ и процедур. Таким образом, физический эксперимент воссоединяется с компьютерным экспериментом и обеспечивается возможность его повторения не только с предлагаемыми данными, но и с другими наборами без участия автора разработки.*

**Ключевые слова:** *проведение компьютерных экспериментов, воспроизводимость результатов, исследовательские программные комплексы.*

## Введение

Важнейшим фактором подтверждения научных результатов при проведении научных экспериментов является чёткое документирование всего процесса проведения экспериментальных работ [1-2]. Это позволяет проанализировать и осмыслить процесс получения результата, как доказательную базу, а в случае сомнения и не согласия с полученными результатами имеется возможность найти допущенные недочеты и нестыковки при проведении эксперимента. Такая возможность воспроизведения эксперимента и подтверждение полученных выводов по документированному процессу независимыми экспертами обеспечивает объективность результата и подтверждает научную значимость среди специалистов в соответствующей области.

Пренебрежение правилами проведения экспериментальных работ, выражающееся в отсутствии протоколирования всех шагов, не означает недостоверность полученного результата, но не обеспечивает его применимость и восприятие научным сообществом.

По различным направлениям исследовательских работ действует своя специфика и свои особенности. При проведении, например, физических экспериментов достоверность полученных результатов

может подтверждаться чётким описанием всех шагов, фиксированием всех получаемых значений и документированием номенклатуры используемых измерительных приборов. Всё чаще в процесс проведения экспериментов встраиваются математические моделирующие инструменты, например, при испытании воздушных судов проводятся не только натурные испытания, но используются математические моделирующие методы, сопоставляемые с физическими испытаниями. Безусловно имеются чисто математические эксперименты, в том числе и автоматическое доказательство некоторых утверждений и теорем. Но, и здесь должны быть обеспечены условия повторяемости получения результата.

В данной статье мы рассматриваем смешанный вариант эксперимента, в котором важной особенностью является то, что материалом для эксперимента являются оцифрованные физические данные, которые подвергаются структуризации с целью получения информационного содержания и его более компактной абстрактной формой хранения. Затем данная компактная форма хранения может быть синтезирована в физический сигнал. В нашем случае [3-4] объединение анализа и синтеза при работе с данными в одном комплексе и возможности, например, для звука, записывать и воспроизводить на физическом уровне поток звуковых волн позволяет подтверждать достоверность результата на физическом уровне.

В силу большого объема обрабатываемых данных, многоуровневости обработки таких данных и, разнообразия применяемых структур с необходимостью встала задача автоматизации процесса документирования хода проведения экспериментов.

В рамках разработки программного комплекса по извлечению информационного содержания волн, который даёт возможность использовать широкий набор программных инструментов и разрабатывать различные варианты структуризации оцифровываемых данных для разных видов волн с последующим их восстановлением, для достижения требуемых объективных результатов потребовалось создать отдельную подсистему ведения и поддержки проводимых экспериментов. Данная система обеспечивает регистрацию и поддержание целостности входных и промежуточных экспериментальных результатов, и ведения журнала всех привлекаемых для обработки программных компонент (инструментов), с помощью которых производится те или действия над всеми промежуточными данными. По факту это сопроводительная документация, которая позволяет иметь объективное документированное подтверждение результатов по конкретному эксперименту, связанному с определенным

направлением извлечения информационного содержания волн. Таким образом, появляется возможность повторения аналогичного эксперимента, но уже в полуавтоматическом режиме с сохранением неизменности исходных, используемых структур и программных компонент. При необходимости подтверждения таких же результатов и для других исходных данных в каркас эксперимента вносятся новые данные при неизменности всех остальных компонент. Точно также, при неизменности исходных данных можно, модернизируя одну или несколько программных компонент, провести и зафиксировать новый эксперимент. Это распространяется и на новые вводимые структуры для данного направления исследования. Дополнительной возможностью разрабатываемого программного комплекса является подключение внешних программных модулей для обработки данных в рамках такого экспериментального, по факту, технологического процесса по обработке данных.

### **Каркас эксперимента в рамках объединения анализа и синтеза**

Система ведения экспериментов (сокр. СВЭ) была разработана с целью обеспечения достоверности получаемых результатов в проводимых экспериментах. Для достижения достоверности результатов необходимо вести учёт изменений данных и фиксировать источники этих изменений. Исходя из этого к системе были сформулированы следующие требования:

- Необходимо фиксировать все изменения экспериментальных данных;
- Необходимо фиксировать информацию об источниках изменений и моментах их совершения;
- Необходимо иметь возможность получения истории процесса проведения эксперимента;
- Необходимо обеспечить отделимость СВЭ.

На основе составленных требований была сформулирована концепция системы ведения экспериментов. Базовой идеей концепции является то, что и экспериментальные данные, и источники изменений должны регистрироваться в рамках контура системы. Это позволит поддерживать целостность данных и согласованность с источниками изменений. В контексте работы с системой регистрация данных и источников это будет означать, что обращение к системе для работы с ними будет происходить через обязательную передачу идентификатора, выделяемого под каждый экземпляр данных или источника изменений. Схожая схема обращения присутствует при работе с аппаратными ресурсами, которыми управляет операционная система – прикладная

программа управляет запрошенными ресурсами через передачу дескриптора, но не имеет прямого доступа к ним.

Следует отметить, что концепция системы предполагает выделенное управление данными не столько для защиты данных от несанкционированного доступа, сколько для предотвращения по неосторожности случайных недочетов при привлечении используемых компонент эксперимента. Что касается защиты, предполагая использование системы лишь для доверенных пользователей, допускаемых к программным комплексам, и учитывая то, что глубокая защита данных требует больших дополнительных ресурсов, было принято решение отказаться от специальных мер обеспечения безопасности.

В рамках системы на экспериментальные данные не накладываются ограничения на использование различных форматов описания данных. Внешняя система может предоставлять данные, представленные в любом формате. СВЭ в свою очередь будет только гарантировать целостное хранение слепка полученных данных в исходном виде.

Под источниками изменений могут выступать сторонние по отношению к системе программные модули, которыми могут быть скомпилированные программы или динамически подключаемые библиотеки.

Исходя из концепции была составлена архитектура системы, схема которой представлена на рисунке. Направленными стрелками на рисунке изображены направления передачи команд для определения связей вида «вызывающая сторона – вызываемая сторона».

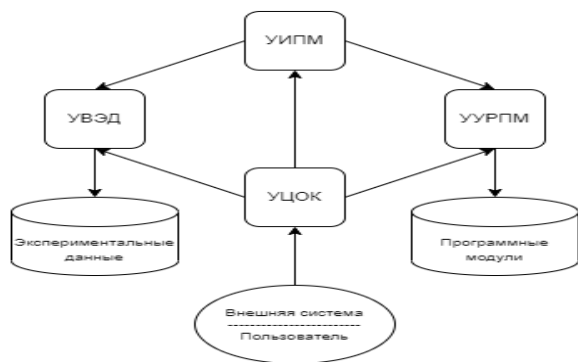


Рисунок. Схема архитектуры системы ведения эксперимента

Составленная архитектура системы содержит следующие компоненты:

- Центральный узел обработки команд (сокр. УЦОК) – программа, являющаяся центральным компонентом приёма и обработки команд от пользователя. Это компонент системы, который предоставляет интерфейс для взаимодействия с внешними системами;

- Узел управления реестром программных модулей (сокр. УУРПМ) – программа, обеспечивающая регистрацию и учёт внешних программных модулей. Данный компонент поддерживает консистентные состояния идентификаторов программных модулей, а также ссылок на них. В рамках контура СВЭ может существовать несколько реестров;

- Узел исполнения программных модулей (сокр. УИПМ) – программный компонент системы, который поддерживает исполнение внешних программных модулей над экспериментальными данными;

- Узел ведения экспериментальных данных (сокр. УВЭД) – программа, обеспечивающая контроль за изменениями экспериментальных данных. Данный узел системы также поддерживает запись производящихся изменений при проведении эксперимента.

В силу отсутствия явного пересечения функционала с основной системой, разрабатываемая изначально как подсистема комплекса по извлечению информационного содержания волн, позволила реализовать архитектурное решение СВЭ в виде обособленного пакета программ, который может интегрироваться в иные исследовательские программные комплексы.

### **Программный интерфейс системы**

Система ведения экспериментов предоставляет единую точку для получения и обработки команд. Эти команды могут поступать как напрямую от пользователя, так и от внешней системы, которая использует СВЭ. В настоящее время, в рамках разработанного программного комплекса внешней вызывающей стороной является система извлечения информационного содержания волн.

Программный интерфейс представляет из себя вызов программы УЦОК с передачей набора аргументов. Переданные аргументы будут интерпретироваться обработчиком команд для определения целевой команды и параметров её выполнения.

Формат команд, указываемых в качестве аргументов командой строки при вызове программы, состоит из указания имени команды, опционального перечня параметров и опционального перечня дополнительных служебных флагов.

Компонент УЦОК при поступлении команды, в свою очередь, обращается к другим компонентам системы через различные внутренние программные интерфейсы для выполнения той или иной операции. По итогу выполнения операции программа УЦОК возвращает код ответа, который сигнализирует об успешности обращения к СВЭ или о возникших ошибках, и внутрисистемный идентификатор, для получения журнала с описанием деталей исполнения. В случае возникновения ошибки, вызывающая сторона может запросить у СВЭ детали произошедшего события по определённой команде для получения полной информации о ходе выполнения ошибочно закончившейся операции, с целью определения причин, приведших к такому результату.

### **Хранение сведений по экспериментальным данным**

Для поддержания целостного состояния экспериментальных данных было принято решение о том, что сами данные будут храниться непосредственно в контуре системы. Это должно снизить риски непреднамеренного удаления или изменения экспериментальных данных, что влечёт потерю данных и, таким образом, не может гарантировать достоверность полученных результатов. Локальная версия СВЭ может располагаться в отдельной директории в файловой системе компьютера, которая при определённых настройках не будет доступна для непосредственного манипулирования обычным пользователями операционной системы.

Непосредственная работа с экспериментальными данными происходит через подачу различных команд на УЦОК, перенаправляющий команды на компонент УВЭД. Для начала работы с экземпляром данных необходимо зарегистрировать его в контуре СВЭ через использование команды регистрации с указанием в качестве параметра путь до файла, содержимое которого будет считаться исходной версии экземпляра данных. При регистрации экземпляра данных система определяет для него уникальный идентификатор, который будет использоваться в дальнейших командах.

Внесение изменений в существующий экземпляр осуществляется через внесение в контур полной изменённой версии экземпляра. Для подачи обновлённой версии экземпляра экспериментальных данных необходимо подать на УЦОК специальную команду с указанием пути до файла, содержимое которого и будет записано как новая версия экземпляра данных.

Из контура СВЭ через применение определённых команд возможно получить как актуальный экземпляр экспериментальных данных, так и определённую версию, а также историю изменений. Получение данных

осуществляется через специальную команду с различными параметрами, но с обязательным указанием в качестве одного из них идентификатора экземпляра.

### **Подключение внешних программных модулей**

Прежде чем использовать внешние программные модули для обработки экспериментальных данных, их необходимо зарегистрировать в контуре СВЭ.

Для регистрации вызывающая сторона должна подготовить непосредственно сам программный модуль, а также описательный файл, который должен содержать информацию, необходимую для вызова программного модуля.

Программный модуль, в свою очередь, может быть, как скомпилированной программой, так и динамически подключаемой библиотекой (DLL). В соответствии с видом программного модуля описательный файл требует указания различных используемых данных. Для скомпилированной программы, к примеру, должен быть указан список аргументов командной строки, указываемых при вызове программы. Для библиотеки – это описание списка функций и информации, которая необходима для их корректного вызова, как, например, соглашение вызова функций, набор параметров и др.

Сама регистрация программного модуля происходит через обращение к УЦОК с указанием команды регистрации и передачу соответствующих параметров: путь до исполняемого файла внешнего программного модуля и путь до описательного файла. В процессе регистрации компонент УУРПМ копирует в контур системы внешний программный модуль и сохраняет данные из описательного файла. Также, для отличия, при повторной регистрации или обновлении программного модуля, в рамках УУРПМ будет заведён внутрисистемный номер версии и уникальный идентификатор. Дальнейшие обращения к СВЭ для получения информации или работы с программным модулем будут происходить только с указанием полученного при регистрации идентификатора. При этом, если регистрировалась библиотека, то уникальный идентификатор получит каждая функция, указанная в описательном файле, но будет скопирован и существовать в реестре только один экземпляр этой библиотеки.

### **Использование внешних программных модулей при обработке данных**

Для использования зарегистрированных в системе СВЭ внешних программных модулей в процессах обработки экспериментальных данных вызывающая сторона должна обратиться к УЦОК с



соответствующей командой и передачей всех необходимых идентификаторов: идентификатора экземпляра экспериментальных данных и идентификатора внешнего программного модуля. Компонент УИМП выполняет задачи по исполнению внешних программных модулей, в частности, по подготовке исходных данных и обработке информации, получаемой при обработке данных.

Процесс обработки данных включает в себя несколько шагов:

1. Осуществляется запрос к компоненту УУРПМ для получения информации о программном модуле по указанному идентификатору. Вместе с тем в конуре СВЭ создаётся специальное пространство для безопасного исполнения программных модулей, куда будут скопированы файлы программного модуля;

2. Затем происходит запрос к компоненту УВЭД для получения актуальных экспериментальных данных. По запрошенным данным создаётся копия для обработки внешним программным модулем в рамках специального пространства. Формат подготавливаемой копии зависит от входных требований, который указывается в описательном файле программного модуля;

3. В подготовленном пространстве безопасного исполнения программных модулей вызывается целевая программа программного модуля. Если целевая программа является функцией библиотеки, то для её вызова используется специальная подпрограмма компонента УИПМ, совершающая обёртку над вызовом функции вместе с чтением файла с экспериментальными данными и записью результата;

4. Полученные в ходе успешного исполнения внешнего программного модуля результирующие данные считываются и отправляются на УВЭД как обновлённая версия экземпляра экспериментальных данных со ссылкой в виде идентификатора на программный модуль, который привёл к появлению новой версии данных. В случае, если работа модуля была завершена с ошибкой, исходный экземпляр данных не изменяется;

5. Специальное пространство для безопасного исполнения программных модулей удаляется;

6. В журнал УИМП заносится запись с полным набором входных параметров и итогом работы программного модуля.

### **Заключение**

Описанная в работе система СВЭ может выступать в качестве универсального готового решения при проведении экспериментальных работ аналогичных выше сказанным, выполняемых на программных комплексах. Архитектура системы ведения экспериментов даёт ей возможность интегрироваться с различными исследовательскими

комплексами и это, в свою очередь, позволит быстрее подготовить исследовательские комплексы программ и потенциально стандартизировать процесс обмена экспериментальными базами между разными комплексами программ.

Система ведения экспериментов позволяет уже в настоящее время получать документированные подтверждения результатов, полученных в ходе различных экспериментальных работ [5-6], в рамках направления по получению информационного содержания волн. Полное фиксирование каждого шага проведения эксперимента даёт возможность воспроизводить эксперимент с определённым уровнем соответствия с первоначально проведенным. Всё это позволяет обеспечить требуемую степень достоверности получаемых научных результатов, применяемых методов и внедрения новых структур.

### Список литературы

1. Фомичев, Н. И. Автоматизированные системы научных исследований: Учеб. Пособие / Н. И. Фомичев; Яросл. гос. ун-т. – Ярославль, 2001. – 112 с.

2. Ганджа, Т. В. Задачи и архитектура подсистемы документирования исследований в среде многоуровневого моделирования МАРС / Т. В. Ганджа, С. А. Панов // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – 2011. – 2(24), часть 2. – С. 334–338.

3. Структуризация и качественное рассмотрение звукового потока в системе синтеза и анализа речи / Н. Е. Балакирев [и др.] // Программные продукты и системы. – 2018. – № 4 (31). – С.768-776

4. Балакирев, Н. Е. Новые подходы в создании инструментария для исследований информационного содержания волн / Н. Е. Балакирев, М. В. Евсеева, Х. З. Нгуен, М. М. Фадеев // Интеллектуальный анализ сигналов, данных и знаний: методы и средства: Сборник статей II Всероссийской научно-практической конференции с международным участием им. В.В. Губарева (Новосибирск, 11-13 декабря 2018 г.). – Новосибирск, 2018. – С. 22–28.

5. Фадеев, М. М. Порождение множества конфигураций для разных категорий отношений / М. М. Фадеев, Н. Е. Балакирев // 20-я Международная конференция «Авиация и космонавтика» (Москва, 22–26 ноября 2022 г.). – Москва, 2021. – С. 274–276.

6. Фадеев, М. М. Формализация понятия отношения для качественного анализа данных / М. М. Фадеев, Н. Е. Балакирев // Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики: сборник трудов Международной научной конференции, Воронеж, 13-15 декабря 2021 г. – Воронеж, 2022. – С. 1685–1690.

## Интеграционная шина сервисов управления бизнес-процессами банка

С. А. Шебуняева, email: sshebunyaeva2000@mail.ru

М. В. Матвеева, email: marie.matveeva@gmail.com

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Воронежский государственный университет»

(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

**Аннотация.** В данной работе рассматриваются проектирование и разработка сервисной интеграционной шины для автоматизации управления бизнес-процессами банка, которая позволила уменьшить время взаимодействия между подсистемами банка и упростить подключение новых сервисов управления бизнес-процессами.

**Ключевые слова:** корпоративная интеграционная шина, бизнес-процесс, автоматизированная банковская система, программное обеспечение, логирование операций, канонический сервис, очередь сообщений, информационная система.

### Введение

В эпоху глобальной цифровой трансформации бизнеса многие коммерческие предприятия используют множество информационных систем. Из-за многочисленных связей и запросов, пересечений массивов данных, потери времени и ресурсов для компании растут. При непрерывном обмене сообщениями между отдельными сервисами, которых могут быть десятки и даже сотни, результатом становится длительное ожидание на стороне пользователя и постоянные сбои в работе.

Для обеспечения интеграции разных информационных систем между собой нужен посредник, задача которого — осуществлять обмен данными между всеми подсистемами компании. Таким посредником является интеграционная шина.

Корпоративная интеграционная шина ESB (Enterprise Service Bus) — это промежуточное программное обеспечение для обмена сообщениями и данными между различными сервисами и информационными системами предприятия. Такое ПО обеспечивает преобразование запросов, сообщений и параметров систем в нужный

формат, соответствующий протоколу системы, а также делает возможным интеграцию, сценарную маршрутизацию, транзакционный контроль, безопасность обмена данными, и равномерное распределение нагрузки на сервисы за счет концентрации событий и данных через единую точку.

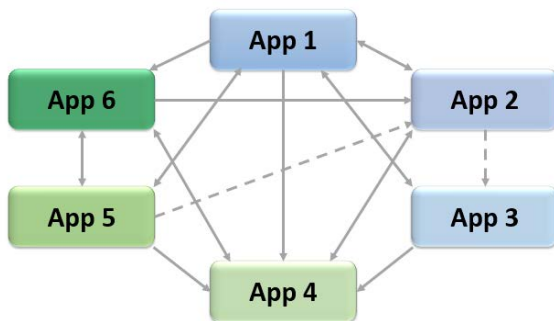
### **Функциональность разрабатываемого проекта**

Интеграционная шина ESB — слой в информационной инфраструктуре компании, она включает в себя следующие механизмы:

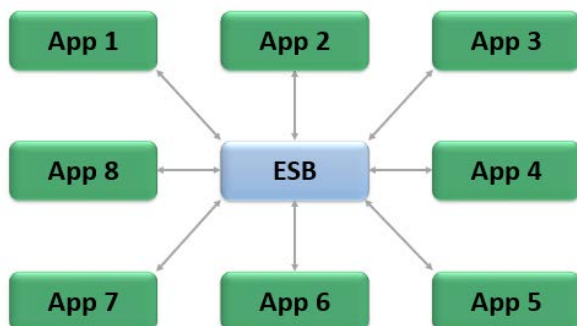
- брокер сообщений (механизм управления очередью сообщений, посредник между источником и приемником сообщений);
- адаптеры (пакет элементов программы для связи сервисов с шиной ESB и преобразования интерфейсов и форматов, определяющий объем функциональности шины);
- микросервисы (независимые компоненты архитектуры);
- средства мониторинга и контроля.

Взаимодействие систем предприятия заметно меняется с использованием технологий интеграционной шины — отдельные сервисы или приложения прекращают посылать запросы и сообщения непосредственно друг к другу, так как теперь они взаимодействуют с одной интеграционной платформой. Сравнение взаимодействий сервисов систем, использующих ESB, и систем, не использующих её, представлены на рис. 1 и рис. 2. соответственно.

В сравнение с традиционной архитектурой прямого взаимодействия сервисов, решение с использованием интеграционной шины обеспечивает большую гибкость. Это проявляется, например, в случаях, когда одна из систем терпит изменения. Однако на работу других сервисов предприятия это влиять никак не будет.



*Рис. 1.* Система без использования ESB



*Рис. 2.* Система с использованием ESB

ESB шину возможно представить в формате программном или программно-аппаратного комплекса. Предприятие самостоятельно делает выбор, который зависит от требований организации — безопасность, функциональность, скорость обработки данных и уровень надежности системы.

### **Потребитель и его требования**

Одними из предприятий, широко использующих механизмы интеграционной шины, являются банки. Бизнес-процесс банка — это процесс выполнения какой-либо финансовой операции, от составления заявки на данную операцию до получения результата. Отправка запроса и получение ответа осуществляется соответствующим сервисом управления. Автоматизация бизнес-процессов является приоритетной задачей программно-аппаратного комплекса банка.

В настоящий момент на рынке программного обеспечения существует ряд коммерческих решений, предназначенных для интеграции бизнес-процессов предприятия, в том числе:

- «Интеграционная шина» от 1С;
- IBM WebSphere ESB от IBM;
- Mule ESB от Mulesoft;
- JBoss Fuse от Red Hat;
- Talent ESB от Talent;
- WSO2 ESB от WSO2 и др.

Перечисленные системы представляют собой комплексные продукты, включающие как программное (компоненты интеграционной шины, а также инструменты разработки и администрирования), так и аппаратное обеспечение в виде серверов. Банк уже обладает программно-аппаратным комплексом, позволяющим осуществить

разработку интеграционного решения, поэтому внедрение обеспечения, которое потребует дополнительные затраты на обучение сотрудников или сопровождение его производителем, представляется нецелесообразным.

Целью использования интеграционной шины является повышение эффективности интеграции сервисов управления бизнес-процессами банка.

Использование системы позволит полностью автоматизировать управление бизнес-процессами банка, уменьшить время взаимодействия между подсистемами банка, облегчить подключение новых сервисов управления бизнес-процессами.

### **Проектирование и разработка системы**

Функции, реализуемые для разрабатываемого ПО ESB, используемого банком:

- взаимодействие внешних систем с автоматизированной банковской системой (АБС);
- работа с запросами;
- формирование базы данных автоматизированной банковской системы;
- мониторинг и логирование операций.

Взаимодействие внешних систем. Администратор системы имеет возможность подключать новые системы, приостанавливать сообщение между сервисами, иметь маршруты информационных потоков.

Работа с запросами. Система должна в автоматическом режиме осуществлять формирование запросов для дальнейшей переадресации. Передаваемые данные должны валидироваться согласно форматам сообщений, с которыми работают сервисы, принимающие запрос или ожидающие ответ.

Валидация данных включает в себя проверку формата сообщения, проверку полноты сообщения и проверку параметров. В случае, если данные не проходят валидацию, система должна сообщить об ошибке сервисам-участникам процесса. При необходимости, возможно преобразование сообщений в другой формат и отдельных полей сообщений в различные типы.

Формирование БД. Информация, проходящая через сервисную интеграционную шину, должна записываться в БД для поддержки ее актуальности и упрощения дальнейших взаимодействий между сервисами. При этом должен осуществляться корректный маппинг данных – сопоставление полей модели АБС с полями передаваемых сообщений.

Мониторинг и логирование операций. Сообщения о результатах обмена сообщениями и возникших ошибках должны фиксироваться в специальном журнале.

Пилотный проект системы реализован следующими компонентами и механизмами:

- Адаптеры. Компоненты, реализующие приемлемое для конечной системы-потребителя сервиса представление необходимого набора операций канонического сервиса в виде соответствующего интерфейса и протокола взаимодействия.

- КС (канонический сервис). Компоненты, реализующие бизнес-сервисы в рамках бизнес-процессов. КС предоставляет свой интерфейс в терминах КМД (единой корпоративной модели данных интеграционного решения). КС может использовать сервисы доступа, технологические сервисы или другие КС.

- Сервисы доступа. Компоненты, реализующие взаимодействие КС и систем-поставщиков данных.

- Логирование. Фиксация информации о генерации, обработке и отправке сообщения.

- Последовательные вызовы. Последовательное обращение к нескольким сервисам (например, при проведении транзакций).

- Работа с БД. Выполнение прямых CRUD-запросов.

- Кэширование. Хранение в памяти и обновление кэшируемых справочных данных.

- MQ-очереди. Очередь сообщений, которая обеспечивает временное хранилище данных, когда целевая система занята.

Функциональная архитектура разрабатываемой системы представлена на рис. 3.

Потребителями сервисов являются информационные системы, которые запрашивают у интеграционного решения какие-либо данные. Потребитель сервиса отправляет запрос интеграционному решению, предоставляя данные этого запроса в ПМД (единая потребительская модель данных), специфичной для ИС-потребителя. При этом для взаимодействия с интеграционным решением потребитель использует адаптер.

Информационные системы, реализующие конечные бизнес-функции, и предоставляющие часть своей функциональности в рамках специализированных интерфейсов, являются поставщиками сервисов. ИС-поставщики сервисов выполняют определенную бизнес-функцию при получении соответствующего запроса, результат выполнения функции возвращаются ИС-поставщиком в виде ответа.



Рис. 3. Функциональная архитектура системы

Канонический сервис (КС) — это компонент, интегрирующий бизнес-функции, представляемые ИС-поставщиками сервиса, в специализированные интерфейсы, используемые другими компонентами интеграционного решения. КС не реализует конечные бизнес-функции, но реализует их интеграцию, в соответствии с задачами, определяемыми в рамках конечных интеграционных проектов банка. Данные запросов и ответов, обрабатываемых КС, представлены в КМД. Взаимодействие КС и ИС-поставщика сервиса осуществляется посредством компонента сервиса доступа.

Хранилище данных и ИС-потребителей сервиса объединяет узел публикаций. Когда туда поступает публикация, все его подписчики оповещаются об этом.

Сервисная интеграционная шина должна обеспечивать взаимодействие между КС путем обмена сообщениями. Такой подход к интеграции универсален, так как показывает свою эффективность при взаимодействии с любым количеством входных узлов, что позволяет облегчить масштабируемость системы.

Техническая архитектура системы представлена на рис. 4.

Средства системного анализа представлены API-документацией, на основе которой в средах разработки и администрирования формируется структура компонентов системной интеграционной шины. Сервисы компонентов обеспечивают интеграционный процесс, взаимодействуя с внешними системами посредством обмена сообщениями и обрабатывая данные из хранилища.



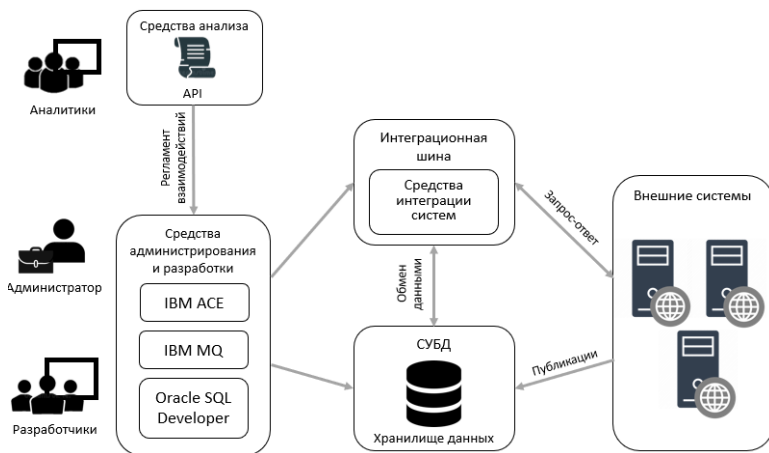


Рис. 4. Техническая архитектура системы

### Заключение

На данный момент изучена структура программно-аппаратного комплекса банка и разработана архитектура интеграционного решения для автоматической интеграции сервисов управления бизнес-процессами банка. Успешная реализация пилотного проекта продемонстрировала, что подход для решения поставленной задачи выбран правильно. Проект находится на стадии разработки, который включает в себя уже завершённый этап проектирования базы данных и этап программной реализации компонентов системы, а также описание входной и выходной информации интеграционной шины.

### Список литературы

1. Gregor Hohpe, Enterprise Integration Patterns : Designing, Building and Deploying Messaging Solutions / Gregor Hohpe; Pearson Education Inc., 2019. – 683 p.
2. Кабакова Ю. А. Виды и проблемы реализации бизнес-процессов в банковской деятельности // Бизнес-образование в экономике знаний, 2016. – 36-38 с.
3. Бородаенко Ю. В. Оценка качества интеграционных решений и методика их сравнительного анализа // Доклады БГУИР, 2019. – 120-125 с.
4. Морозова О. А. Интеграция корпоративных информационных систем: Учебное пособие / О. А. Морозова. – М. : Финансовый университет, 2014. – 140 с.

# Система управления складом и её влияние на деятельность предприятия

А. В. Шеркунов, email: emyleigh@inbox.ru

Санкт-Петербургский государственный экономический университет

**Аннотация.** *В данной работе описываются системы управления складом, раскрывается актуальность внедрения подобных систем, а также приводятся базовые принципы их работы. Система управления складом в настоящее время является необходимостью, поскольку она может повысить эффективность и точность работы склада, обеспечивая тем самым решения проблем, существующих на складе.*

**Ключевые слова:** *система управления складом, WMS, склад, автоматизация, логистика.*

## Введение

Производственные компании производят / перерабатывают сырье в готовую продукцию. Сырье, полученное от поставщиков, будет храниться для удовлетворения производственных потребностей.

Склад как место для хранения товаров требует точности данных для каждой существующей операции с товарами. Склад — это объект в цепочке поставок для хранения товарно-материальных ценностей с целью снижения транспортных расходов, достижения эффекта масштаба при производстве или закупках.

Со складом можно выполнять множество операций, типичные включают в себя: складские операции включают в себя: прием, отправку, внутреннее пополнение, комплектацию заказов, накопление и сортировку, упаковку и отгрузку.

С развитием информационных технологий обрабатывать существующую информацию становится все проще, не в последнюю очередь для производственных складов, особенно в области управления складированием.

Система управления складом или СУС в первую очередь предназначена для контроля перемещения и хранения материалов на складе и обработки связанных с этим операций, включая отправку, получение, расстановку и комплектацию. Система управления складом (WMS) — это приложение, управляемое базой данных, предназначенное для повышения эффективности склада и поддержки точных данных о запасах путем регистрации складских операций. Системы также

направляют и оптимизируют запасы на основе информации о состоянии загрузки в режиме реального времени (функция оптимизации).

### **Система управления складом**

Запасы являются одним из важных факторов в деловой деятельности. Они возникают из-за того, что эти материалы не могут быть получены мгновенно, так как для их поставки на производство требуется определенное время. Запасы также могут быть вызваны асинхронностью спроса с предложением и временем, затрачиваемым на обработку сырья. Располагая запасами, компания может своевременно удовлетворять свои потребности и поддерживать выпуск.

Надлежащий контроль за системой инвентаризации облегчит компаниям осуществление операционной деятельности и поддержание бесперебойного производственного цикла компании.

При организации инвентаризации необходимо иметь систему контроля и учета поставок, поскольку это влияет на производственный процесс и финансовую отчетность компании.

Системы контроля запасов и учета являются частью управления складированием. Реализация этого управления представляет собой процесс управления приемом товаров на склад и изъятием товаров со склада.

Склад – это область, которая функционирует для хранения товаров для производства или результатов производства в определенном количестве и промежутке времени, которые затем распределяются по назначению на основе спроса в системе управления складом.

Система управления складом действует как система, которая регулирует складские операции в цепочке поставок, такие как прием запасов, хранение запасов и их выдача.

Целью этой системы является контроль за перемещением и хранением, инвентаризация на складе и обработка транзакций, связанных с получением, отбором, взятием и отправкой ТМЦ.

На рис. 1 представлена примерный алгоритм выполнения заказа с помощью системы СУС.

Программное обеспечение системы управления складом разработано для оптимизации процессов складирования и транспортировки ТМЦ. Применение системы управления складом может облегчить работу складской системы за счет повышения эффективности с точки зрения учета и обработки данных, повышая безопасность и точность данных. Эта система также может быть средством обмена информацией между администраторами, пользователями и складами, при этом изменение запасов на складе будет быстро идентифицировано.

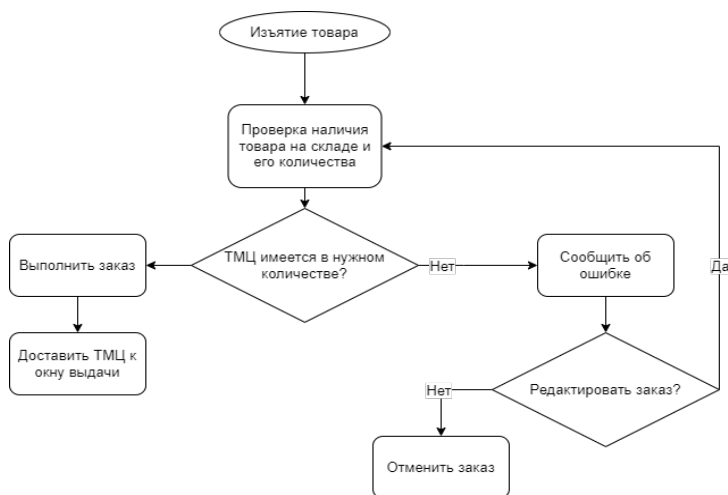


Рис. 1. Блок-схема получения заказа со склада

WMS (рис. 2) часто использует технологию автоматического сбора идентификационных данных (AIDC), реализованную с помощью сканеров штрих-кодов, мобильных устройств, беспроводных локальных сетей или радиочастотную идентификацию (RFID) для эффективного контроля потока ТМЦ. Как только данные были собраны, происходит либо синхронизация с центральной базой данных, либо беспроводная передача в режиме реального времени в БД. Затем база данных может предоставлять полезные отчеты о состоянии материалов на складе.

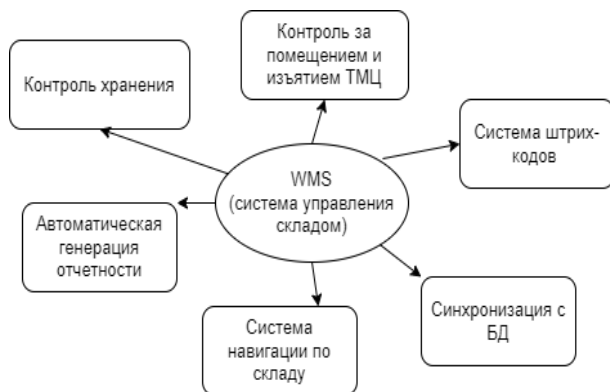


Рис. 2. Основные компоненты WMS

### **Типы систем управления складом**

Системы управления складом бывают различных типов и методов внедрения. Тип обычно зависит от размера и характера организации. Можно выделить три типа СУС:

- Базовая WMS – эта система может поддерживать управление запасами и местоположением. В основном используется для регистрации информации

- Расширенная WMS – Помимо функциональности, предлагаемой базовой WMS, расширенная WMS способна планировать ресурсы и действия для обеспечения оптимального потока ТМЦ на складе. WMS фокусируется на анализе данных о ТМЦ, а также частоте использования тех или иных материалов.

- Комплексная WMS – с помощью комплексной WMS можно оптимизировать склад или группу складов. Также система может предлагать свои варианты логистики и управления складом в целом, что позволяет ещё больше оптимизировать складские операции.

### **Методы управления запасами**

Операции или процессы складирования, такие как отгрузка, получение, размещение, перемещение запасов, могут выполняться с использованием нескольких концепций. В самой WMS обычно используются три концепции:

- FIFO (First In First Out) – предполагает управление запасами с учетом сроков загрузки партии. Означает, что товары или материалы, которые первыми поступают на склад, должны быть первыми в очереди на отгрузку.

- LIFO (Last In First Out) – последний попавший на склад элемент извлекается последним.

- FEFO (First Expire First Out) Сначала должны быть доставлены товары с наименьшим сроком годности.

### **Преимущества внедрения системы управления складом**

Внедрение системы управления складом является ключом к оптимизации работы склада. Резюмируя, её преимущества заключаются в следующем:

- Оптимизация процессов.

- Поиск наилучших вариантов работы склада, ускорение выполнения складских операций, расширение складских площадей;

- Эффективное распределение рабочей силы.

- Использование СУС дает полную картину о текущей загрузке операторов склада и позволяет правильно распределить ее среди работников;

–Упорядоченность.

WMS помогает обеспечить структуру на рабочем месте через четкое распределение ответственности между сотрудниками;

–Улучшение отношений с поставщиками и клиентами.

Эффективно работающий склад помогает сократить сроки доставки и ошибки с неточностями заказов, а это означает, что больше клиентов будут удовлетворены своими взаимодействиями с организацией;

–Сокращение операционных расходов.

Если у нас на складе есть скоропортящиеся продукты или другие запасы с ограниченным сроком годности, WMS может помочь сократить потери ТМЦ, определив, какие единицы необходимо выбрать в первую очередь, а какие, возможно, нуждаются в стимулировании продаж;

–Контроль наличия ТМЦ.

После внедрения WMS в работу предприятия её администратор получает полную картину о наличии и местонахождении тех или иных ТМЦ;

–Повышение уровня безопасности

Современные системы WMS обладают функционалом авторизации работников с помощью специальных карт доступа и учетных записей.

### **Заключение**

Для управления складированием и обеспечения высокой скорости и точности обработки заказов требуются существующие данные о ТМЦ. Система управления складом является полной заменой системе ручного управления. Основной целью автоматизации складской системы является контроль за перемещением и хранением ТМЦ, а также повышение безопасности и ускорение обработки заказов. В настоящее время сохраненные данные могут быть организованы в соответствии с серийным номером или артикулом, применяя одну из концепций управления запасами, и переданы по назначению с наименьшим количеством возможных ошибок.

Система управления складом в настоящее время является необходимостью, поскольку она может повысить эффективность и точность работы склада.

### **Список литературы**

1. Лукинский В. С. Логистика и управление цепями поставок : учебник и практикум для вузов / В. С. Лукинский, В. В. Лукинский, Н. Г. Плетнева. — Москва: Издательство Юрайт, 2023. — 359 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-00208-9. — Текст:

электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/511010>

2. Власов К. Ю. WMS (система управления складом) / К. Ю. Власов. — Текст: непосредственный // Вопросы студенческой науки. — 2019. — №12 (40). — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/wms-sistema-upravleniya-skladom/viewer>

3. Жильцова К. Е. Организация внутреннего контроля материально-производственных запасов на предприятии / К. Е. Жильцова. — Текст: непосредственный // Международный научный журнал «Символ науки». — 2022. — №2 (1). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/organizatsiya-vnutrennego-kontrolya-materialno-proizvodstvennyh-zapasov-na-predpriyatii/viewer>

4. Карпова, Н. П. Современные тенденции управления складом / Н. П. Карпова, В. О. Королев. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2015. — № 19 (99). — С. 381–384. — URL: <https://moluch.ru/archive/99/22142/>

5. Пономарёв, Н. Е. Анализ процессов на складе и организации его работы / Н. Е. Пономарёв. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2016. — № 13.1 (117.1). — С. 91–94. — URL: <https://moluch.ru/archive/117/28926/>

6. Шарафутдинов, А. Р. Разработка автоматизированной системы управления для склада готовой продукции / А. Р. Шарафутдинов. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2018. — № 21 (207). — С. 147–149. — URL: <https://moluch.ru/archive/207/50652/>

**Секция 5**  
Прикладное  
моделирование  
и E-business



# Computer analysis of atmospheric air pollution by stationary and mobile sources

A. L. Osipov, email: alosip@mail.ru  
S. A. Gubanova

Novosibirsk State University of Economics and Management

**Annotation.** *The article studies linear and nonlinear mathematical models of emissions from stationary and mobile sources that pollute the earth's atmosphere. These models make it possible to trace the dynamics of emissions for subsequent periods and make it possible to develop the necessary recommendations to reduce the level of atmospheric pollution.*

**Keywords:** *emissions, sources, mathematical models, forecasting, activities.*

## Introduction

The negative impact that emissions of pollutants have on the quality of atmospheric air and the environment is a global problem that requires prompt solutions. Increased air pollution by emissions from mobile and stationary sources has a very negative impact on human health and the sustainability of ecological systems. The factors that weaken national security and hinder the development of the country are the following: social tension; decrease in labor activity; environmental disasters and catastrophes; environmental degradation and various diseases caused by it. Air pollution is the main risk factor for human health and makes it unsuitable for the respiratory process, technical needs and leads to long-term carcinogenic and mutagenic effects, somatic and infectious diseases, various poisoning. About 50% of all environmentally caused diseases are caused by chemical pollution of atmospheric air. In 2020, in 34 cities of the Russian Federation, which is 15% of the country's cities, the level of air pollution is high and very high. In 66% of cities, the level of pollution remains low. 9.6 million people live in cities with high and very high levels of atmospheric air pollution, which is 9% of the urban population. Total emissions of pollutants in 2020 decreased by 2.2% compared to 2019 and amounted (according to Rospirodnadzor) to 22227.6 thousand tons, which is the minimum value for the period 2010-2020.

Emissions from stationary sources decreased compared to 2019 (17295 thousand tons) and amounted to 16951.5 thousand tons. Also in 2020 there was a slight reduction in emissions from mobile sources – 5276.1 thousand

tons against 5440.1 thousand tons in 2019. The use of mineral resources and the activity of geological processes have a significant impact on the environment.

Extraction of solid minerals is accompanied by pollution of reservoirs, emissions of pollutants into the atmosphere, accumulation of mining waste. During the extraction and transportation of oil and gas, oil spills, soil and atmospheric air pollution with petroleum products are noted. The dynamics of the behavior of emissions from mobile and stationary sources serves as the basis for the formation and implementation of state policy in the field of environmental development of the Russian Federation, the identification of priority areas of activity of public authorities in this area, as well as for the development of measures aimed at preventing and reducing the negative impact on the environment.

Mathematical models make it possible to develop strategic recommendations and implement predictive actions to improve the efficiency of management of stationary and mobile sources of pollution.

### **Model development**

The article studied and analyzed data on emissions of pollutants into the atmosphere from mobile and stationary sources in the period from 2010 to 2019, taken from [1]. The dynamics of emissions of gaseous and liquid substances, solid substances, as well as the dynamics of the behavior of emissions by types of economic activity were studied.

Data on atmospheric air pollution should be periodically entered into computer databases and processed by an automated system that includes various mathematical models that allow predicting the dynamics of atmospheric air pollution by mobile and stationary sources. The results of one-time measurements are used to prepare emergency and operational information about sudden changes in the level of pollution, as well as for forecasting during periods with adverse weather conditions. Within the framework of regime processing, the database management programs used provide analysis of long-term series of observations; allow comparison of initial and statistical data for a long-term period; calculate the index of atmospheric pollution and pollution trends. Atmospheric quality data processing programs allow us to calculate characteristics that can be used to control emissions of both operating and projected enterprises. The presentation of information is carried out mainly at the level of the statement of factual material. The depth of the analysis of the material, due, in particular, to the capabilities of the applied mathematical apparatus, is not always sufficient, which to a certain extent limits the circle of information consumers. The main deterrent until recently was the lack of mechanisms for

tracking the use of monitoring information and, as a result, the lack of feedback from consumers [2-5].

It is necessary to develop new databases and software tools for analyzing and processing information about environmental pollution stored in them.

Regression models describing the dynamics of pollution from emissions from stationary and mobile sources were constructed using tools [6-7]. Interpretation of the results obtained will make it possible to draw conclusions on forecasting changes in the amount of atmospheric air pollution.

Table presents the developed time series models with the best statistical characteristics. All emissions were measured in thousands of tons.

Table

*Statistical parameters*

<b>Model equations</b>	<i>RMSE</i>	<i>MAPE</i>	<b>Accu- racy</b>
The total volume of pollutants into the atmospheric air from mobile sources and stationary sources			
$Y = -72,724 \cdot t^3 + 1027,9 \cdot t^2 - 4193,6 \cdot t + 36550$	1482	4,18	95,82
The volume of emissions from stationary sources			
$Y = 28,178 \cdot t^2 - 584,27 \cdot t + 20158$	409,3	1,7	98,3
Volume of emissions from mobile sources			
$Y = -85,174 \cdot t^3 + 1205 \cdot t^2 - 4556,6 \cdot t + 17460$	1364	9,4	90,6
Total emissions of solid, gaseous and liquid substances from stationary sources			
$Y = 28,18 \cdot t^2 - 584,25 \cdot t + 20158$	409,5	1,7	98,3
Volume of emissions of gaseous and liquid substances from stationary sources			
$Y = 22,9 \cdot t^2 - 429,79 \cdot t + 17588$	375,1	1,68	98,31
Volume of solid emissions from stationary sources			
$Y = 5,3534 \cdot t^2 - 154,86 \cdot t + 2570,4$	51,57	2,25	97,75
The volume of emissions from stationary sources by type of economic activity: manufacturing			
<b>Model equations</b>	<i>RMSE</i>	<i>MAPE</i>	<b>Accu- racy</b>
$Y = 1,8948 \cdot t^2 + 81,029 \cdot t + 5615,9$	102,9	1,42	98,58

End of table

<b>Model equations</b>	<i>RMSE</i>	<i>MAPE</i>	<b>Accu- racy</b>
The volume of emissions from stationary sources by type of economic activity: mining			
$Y = -10,885 \cdot t^3 + 185,29 \cdot t^2 - 800,89 \cdot t + 5718,9$	239,7	3,8	96,2
The volume of emissions from stationary sources by type of economic activity: provision of electric energy, gas and steam, air conditioning			
$Y = -9,2144 \cdot t^2 + 254,72 \cdot t + 2630,5$	167,9	3,98	96,02
The volume of emissions from stationary sources by type of economic activity: hunting, fishing and fish farming, agriculture and forestry			
$Y = 1,542 \cdot t^2 - 34,259 \cdot t + 328,98$	18,25	5	95
Volume of emissions from stationary sources by type of economic activity: other			
$Y = 28,334 \cdot t^2 - 310,65 \cdot t + 3542,5$	96,3	2,59	97,41

These models allow us to estimate the amount of emissions from mobile and stationary sources.

Time series and nonlinear regression-type dependencies make it possible to effectively estimate the volume of atmospheric air pollution.

### **Conclusion**

Time and regression models have been created and analyzed to predict the dynamics of the behavior of pollutant emissions. Based on the analysis, it is necessary to formulate proposals for the development of ecology in the Russian Federation, as well as to develop specific measures for the development of public administration in this area, including the development and implementation of national, federal and regional programs. It is required to carry out systematic development of research activities aimed at conducting scientific research in the field of environmental protection.

The results of the research can serve as a basis for the formation and implementation of state policy in the field of environmental development of the Russian Federation to determine the priority areas of activity of state authorities in this area, as well as to develop measures aimed at preventing the negative impact of economic and other activities on the environment and eliminating its consequences.

Forecast data on emissions are used in the preparation of draft state programs for the rational use of natural resources and environmental protection, as well as in the preparation of plans and programs for socio-economic development and land management schemes of administrative-territorial units.

### References

1. On the state and environmental protection of the Russian Federation in 2019. State report. Moscow: Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation. – 2020. – 1848 p. [https://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennye\\_doklady/gosudarstvennyy\\_doklad\\_o\\_sostoyanii\\_i\\_ob\\_okhrane\\_okruzhayushchey\\_sredy\\_rossiyskoy\\_federatsii\\_v\\_2020/?special\\_version=Y](https://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennye_doklady/gosudarstvennyy_doklad_o_sostoyanii_i_ob_okhrane_okruzhayushchey_sredy_rossiyskoy_federatsii_v_2020/?special_version=Y)

2. Leshchuk, S.I. Interrelation of environmental pollution and ecologically caused morbidity of the population in the territory of technogenic pollution / S.I. Leshchuk, I.V. Surkova, N.V. Senkevich // *Izvestia of higher educational institutions. The North Caucasus region. Natural sciences.* – 2017. – No. 2. – P. 110 – 117.

3. Berezin, I.I. Atmospheric air pollution as a factor in the development of diseases of the respiratory system / I.I. Berezin, A.K. Sergeev // *Public health and habitat.* – 2018. – No. 1. – P. 7–10.

4. Slama, A. Impact of air pollution on hospital admissions with a focus on respiratory diseases: a time-series multi-city analysis / Slama A, Sliwczyński A, Woźnica J, et al. // *Environmental Science and Pollution Research.* – 2019. – №26 (17). – P. 16998 – 17009.

5. Bratsuk, A. A. Analysis of statistics of harmful emissions into atmospheric air / A. A. Bratsuk, A. T. Efimova, I. A. Ignatovich // *Young scientist.* – 2017. – № 50 (184). – Pp. 129–130.

6. Osipov, A.L. Improving the quality of education in the IT sphere / A.L. Osipov, V.P. Trushina, F.L. Osipov // *Modern studies of social problems (electronic scientific journal).* – 2017. – Vol. 8. – No. 4–2. – Pp. 208–213.

7. Osipov, A. L. Assessment of the level of satisfaction of personnel of educational organizations using econometric models / A.L. Osipov, M.M. Gerashchenko // *Siberian Financial School.* – 2022. – No. 1 (145). – P. 138-145.

## Параллельная кластеризация в анализе эффективности правоохранительной деятельности

М. А. Анфёров, e-mail: anfyorov@inbox.ru

«МИРЭА – Российский технологический университет»

***Аннотация.** Рассматривается расширение метода динамического кластерного анализа социально-экономических систем за счет выполнения многоуровневой параллельной кластеризации по результатам декомпозиции пространства характеризующих признаков. Сравнение состава получаемых кластеров на различных уровнях позволяет выявлять аномальные объекты кластеризации и подвергать их дальнейшему более глубокому анализу. Данная технология продемонстрирована на примере поддержки принятия решений в правовом регулировании административных регионов.*

***Ключевые слова:** принятие решений, параллельная динамическая кластеризация, правовое регулирование.*

### Введение

Интеллектуальные информационные технологии положительно зарекомендовали себя в практическом решении задач с повышенной неопределенностью данных в тех или иных предметных областях. Не является исключением и область правоохранительной деятельности [1], которая характеризуется различными ее видами:

- охрана установленного законом порядка общественных отношений – борьба с правонарушителями;
- деятельность по обеспечению общественной безопасности;
- борьба с преступностью – выявление и расследование преступлений;
- надзор за соблюдением законности;
- обеспечение исполнения решений судов и других органов в случаях, предусмотренных законом;
- обеспечение государственной политики в области юстиции;
- оказание квалифицированной юридической помощи гражданам и организациям, нотариальная деятельность и др.

Понятно, что в каждом случае используются технологии своей направленности [2]. Так наибольшее распространение получили информационные технологии распознавания образов при выявлении и расследовании преступлений [3].

Что касается повышения эффективности аналитических задач в рамках информационной поддержки принимаемых решений в правовом регулировании, например [4], то этим вопросам явно уделяется недостаточно внимания.

В данной работе приведен подход к расширению возможностей динамического кластерного анализа [5] за счет декомпозиции пространства признаков, позволяющей выполнять параллельную кластеризацию, расширяющую аналитические возможности.

### 3. Постановка задачи

Рассматриваемый метод предполагает разделение всего пространства признаков, используемых при кластеризации, на группы исходя из характеризующих свойств системы (например, качество, эстетика и др.). Далее выполняется параллельная кластеризация по каждой группе признаков. Сравнение состава получаемых кластеров на различных уровнях (см. рис. 1) позволяет выявлять не вписывающиеся в общую картину анализируемые системы (объекты кластеризации) с целью более глубокого дальнейшего анализа вызывающих данные аномалии причин.

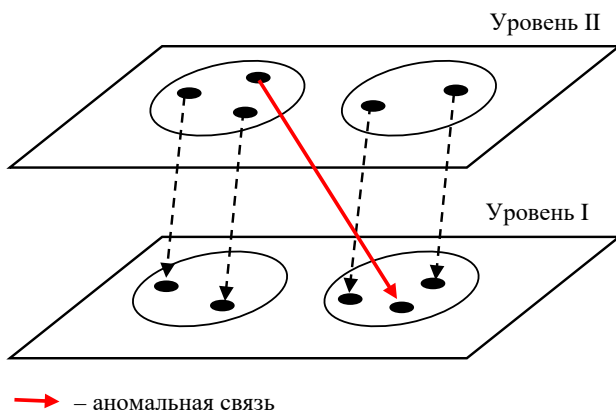


Рис. 1. Иллюстрация параллельной кластеризации

В рассматриваемой задаче выявляются субъекты Российской Федерации с наличием выше названной аномалии при оценке уровня выполняемой работы по регулированию правоохранительной деятельности. В анализ были включены все регионы за исключением городов федерального значения: г. Москвы, г. Санкт-Петербурга и г. Севастополя.

Кластеризация на верхнем уровне осуществлялась исходя из географического расположения регионов, а на нижнем уровне в динамике 2022 года учитывались такие признаки как количество преступлений, зарегистрированных в отчетном периоде с выделением преступлений, совершенных в общественных местах, на улицах, площадях, в парках, скверах, на территориях, охраняемых ЧОО, на дорогах, трассах вне населенных пунктов. Кроме этого учитывалось количество потерпевших, размер причиненного материального ущерба, количество выявленных лиц, совершивших преступления. Все показатели были приведены к относительному виду путем их деления на численность проживающего на данной территории населения.

#### 4. Кластерный анализ

По совокупности признаков, характеризующих правоохранительную деятельность в регионах (рис. 2), на нижнем уровне выделялось два кластера – с успешной (условный номер 1) и низкой по эффективности деятельностью (условный номер 2). Попытка разбиения на большее число кластеров не привела к успеху, так как это приводило к несоизмеримым по мощности кластерам. На верхнем уровне, как было уже отмечено, принадлежность регионов кластерам осуществлялась исходя из их географического расположения. Было выделено 8 кластеров.



Рис. 2. Динамика результатов кластеризации регионов Центрального федерального округа, попадающих в кластер низкой по эффективности правоохранительной деятельности



Миграция неустойчивых к данной оценке регионов между кластерами нижнего уровня была выявлена посредством динамической кластеризации (см. рис. 2–3). Регионы Центрального федерального округа в количестве  $n = 17$  образуют стабильную картину кластеризации и, в основном, соответствуют 1 кластеру эффективности правоохранительной деятельности. Это подтверждается величиной средней дисперсии  $\bar{D}$  значений номеров кластеров  $N_{ij}$  ( $i$  – номер региона,  $j$  – номер месяца) по данному округу в динамике по месяцам ( $m = 8$  – количество рассматриваемых месяцев в 2022 году)

$$\bar{D} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n D_i ; D_i = \frac{1}{m-1} \sum_{j=1}^m (N_{ij} - \bar{N}_i)^2 ; \bar{N}_i = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m N_{ij}, \quad (2)$$

которая составила 0,022. Данная динамика показана на рис. 2 (регионы обозначены номерами в соответствие с общим списком). Поскольку данный федеральный округ отличает успешная правоохранительная деятельность, то входящие в него регионы 4, 6 и 15 нуждаются в дополнительном регулировании данной деятельности.

Сибирский и Дальневосточный федеральные округа

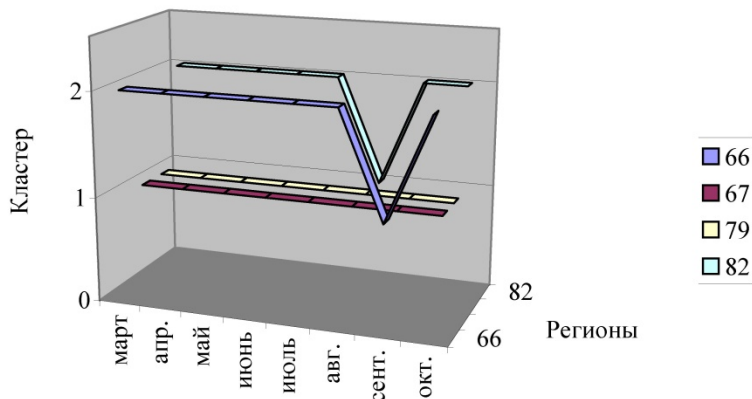


Рис. 3. Динамика результатов кластеризации регионов Сибирского и Дальневосточного федеральных округов, попадающих в кластер успешной правоохранительной деятельности

Стабильное соответствие 2 кластеру эффективности отмечается в Сибирском ( $\bar{D} = 0,0109$ ) и Дальневосточном ( $\bar{D} = 0,009$ ) федеральных округах. Результаты динамической кластеризации по ним показаны на рис. 3. Данные федеральные округа испытывают недостаточное регулирование правоохранительной деятельности. При этом успешная деятельность региона 67 Сибирского федерального округа и региона 79 Дальневосточного федерального округа требуют трансляции на остальные регионы.

Отсутствие взаимного соответствия кластеров обоих уровней отличает единственный федеральный округ – Северо-Западный ( $\bar{D} = 0,105$ ). Эта явная аномалия требует дополнительного углубленного анализа и принятия решений по устранению сложившейся ситуации в части исправления низкого уровня правоохранительной деятельности во всех районах данного федерального округа. Это связано с тем, что районы 24, 26 и 27 стабильно принадлежат неудовлетворительному кластеру, а районы 19, 20, 21, 23 и 25 отличает неустойчивость в динамической кластеризации.

### **Заключение**

Полученные в данной работе результаты подтверждают правомерность использования параллельной многоуровневой динамической кластеризации при поддержке принятия управленческих решений в отношении социально-экономических систем. Это расширяет аналитические возможности в условиях неопределенности информации и возможного ее искажения.

Особо следует отметить, что параллельная кластеризация является эффективной именно в рамках динамического кластерного анализа. Это позволяет выявлять скрытые факторы, снижающие эффективность функционирования систем и проявляющиеся в нестабильности отражения этих систем в соответствующих кластерах.

Эффективность параллельного динамического кластерного анализа продемонстрирована на примере аналитической поддержки принятия решений в правовом регулировании регионов Российской Федерации.

### **Список литературы**

1. Степаненко, Ю. В. Правоохранительная деятельность: эволюция теоретических взглядов / Ю. В. Степаненко // Современный юрист.– 2013.– № 3.– С. 60-87.
2. Полтавцева, Л. И. Правоохранительная деятельность как предмет исследования: попытка систематизации тематики диссертаций / Л. И. Полтавцева // Юрист-Правоведь.– 2012.– № 6. – С. 5-8.

3. Бахтеев, Д.В. Искусственный интеллект в криминалистике: состояние и перспективы использования / Д.В. Бахтеев // Уголовный процесс и криминалистика.– 2018.– № 2.– С.42-49.

4. Семенов, В.М. Актуальные проблемы правового регулирования деятельности органов внутренних дел (полиции) / В.М. Семенов, П.Н. Левин, А.В. Мягков // Известия АлтГУ.– 2014.– №2 (82).– С.148-151.

5. Анфёров, М.А. Динамическая кластеризация в поддержке принятия решений при управлении социально-экономическим развитием регионов // Информатика: проблемы, методы, технологии: сборник материалов XXII межд. научно-методич. конф. / под ред. Д.Н. Борисова; г. Воронеж, Воронежский государственный университет, 10-12 февраля 2022 г.– Воронеж : «ВЭЛБОРН», 2022.– С.872–880.

6. Kohonen, T. Self-Organizing Maps / T. Kohonen. – 3-rd edition. – Berlin - New York : Springer-Verlag, 2001. – 521 p.

7. Россия в цифрах: краткий статистический сборник. – М. : Росстат, 2020. – 550 с.

## Внедрение логистического комплаенса в систему складской деятельности предприятия

Е. А. Артемьев, email: artemev.15.01.1998@list.ru

Казанский национальный исследовательский технический университет

**Аннотация.** В данной статье обоснована актуальность логистического комплаенса в системе складской деятельности на предприятии и описывается его внедрение. Автором предложена модель организации данного процесса и рассмотрены как положительные, так и отрицательные стороны её применения на дальнейшую работу склада.

**Ключевые слова:** комплаенс, риск, логистический комплаенс, складская деятельность, предприятие.

### Введение

Сегодня трудно представить производство или торговую организацию без склада запчастей, грузов. Каждая деталь, товар должны храниться на определённом месте в хранилище, и чем больше мощность предприятия, тем сложнее осуществлять хранение. Одним увеличением площади складирования не обойтись. Необходимо, чтобы размещение груза соответствовало определённой логике и не занимало лишнее место, но при этом хранилось в целости в соответствии со всеми нормами. Также нужно не только складировать, но и разрабатывать систему поставки, распределения и переработки товаров, балансировать между бесперебойным снабжением и не допускать переполнения [1]. За всё это должна отвечать грамотно выстроенная система управления складской деятельностью. Она сможет минимизировать потери и позволит уменьшить количество ошибок со стороны человека. Организовать такого рода систему можно, придерживаясь грамотного комплаенса [2].

### 4. Методология

Термин «комплаенс» включает в себя деятельность, направленную на уменьшение убытков производства, выявление и устранение рисков [3]. Положительный результат достигается проведением ряда работ:

1. следовать закону – все процессы должны быть отслеживаемыми, всё должно соответствовать нормам, уставам и гостам;

2. соблюдать корпоративную этику – задаётся общий тон работе и улучшается слаженность персонала;

3. соблюдать конфиденциальность – уменьшается риск утечки информации, разглашения корпоративных тайн;

4. следить за обучением сотрудников – повышается эффективность сотрудников и уменьшается порог внедрения работника в проект.

Это общий список действий, для каждого конкретного компонента производства их нужно конкретизировать. Ниже попробуем сформировать план внедрения комплаенса в систему складирования, но перед этим дадим определение складу и логистическому комплаенсу.

Склад – это хаб для товаров той или иной компании (организации). Его функции:

- приёмка товара от перевозчика
- размещение и укладка товара
- хранение
- отбор и отправка товара

Логистика в складской деятельности – это сердце хранилища. Благодаря чётко организованным связям между хранением и обеспечением бесперебойного и ритмичного снабжения потребителей потери будут сведены к минимуму (рисунок). Из чего следует, что логистический комплаенс – система мер, направленных на соблюдение законов и нормативных актов при заключении договоров по распределению, движению и продаже товаров, хранящихся внутри склада [4].

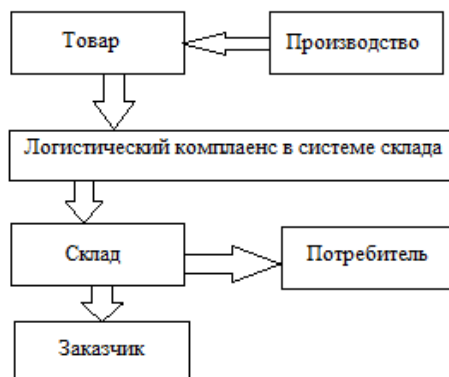


Рисунок. Модель организации логистического комплаенса для склада

#### 4. План внедрения

План по внедрению логистического комплаенса:

1. Организовать отдел, занимающийся внедрением. Отдельный механизм позволит без остановки всего производства параллельно заниматься комплаенсом и мониторить его эффективность.

2. Назначить отдел в подчинение руководителю склада. Необходимо, чтобы новым отделом заведывал сотрудник, знающий тонкости складской логистики и устройства конкретного склада.

3. Сформировать требования, по которым будет осуществляться внедрение. Выделить зоны внутри склада, на которых позволено проводить тесты, назначить правила, по которым будет проводиться внедрение: интервалы, в которые разрешена работы; товары, которые разрешено использовать.

4. Разделить внедрение на этапы с учётом установленных требований:

5. предъявить сотрудникам новые требования к их работе

6. начать с организации эффективного хранения согласно условиям в подписанных с заказчиками договорах.

7. организовать отгрузку товаров потребителям и заказчикам в срок и в надлежащем виде согласно подписанным договорам.

8. связать загрузку склада с его разгрузкой, чтобы не переполнять склад.

9. Сформировать отчёт по SWOT-анализу от внедрения комплаенса.

10. Предоставить отчёт по каждому из пунктов руководителю вышестоящих подразделений, чтобы показать положительный или отрицательный эффект от внедрения.

#### 6. SWOT-анализ

SWOT-анализ – метод стратегического планирования, после составления которого можно оценить как слабые так и сильные стороны рассматриваемого решения проблемы (таблица) [5].

Таблица

*SWOT-анализ от внедрения комплаенса в систему складирования*

Сильные стороны	Слабые стороны	Возможности	Угрозы
Склад выходит на новый уровень по надёжности предоставления услуг	Нужно выделять денежные ресурсы на содержание отдела комплаенса	Новые клиенты	Ошибки необученного персонала могут привести к стагнации склада

Сильные стороны	Слабые стороны	Возможности	Угрозы
Уровень работников и требования к ним повышаются	На квалифицированных работников нужно выделять больше бюджета	Исключаются частые ошибки по некомпетентности	Угроза видимой деятельности отдела на бумагах, но не действительной на практике
Меньше рисков обанкротиться, получить штрафы, потерять деньги		Возрастает кредит доверия	
Уменьшение брака, эффективное использование предоставляемого пространства		Быстрое реагирование на ошибки	

## 7. Заключение

С внедрением комплаенса меняется подход к управлению складом. Все операции с договорами, оплатами, гостями на поверхности, что уменьшает риск получения штрафов, издержек. Персонал ведёт более слаженную работу, что предотвращает порчу товаров и увеличивает количество выполненных задач за день. Эффективное использование пространства позволит хранить грузы в соответствии с нормами и в большем количестве. Имидж повышается, что позволяет найти новых поставщиков и потребителей.

### Список литературы

1. Терешкина, Т. Р. Логистика складирования : учебное пособие / Т. Р. Терешкина, А.Н. Назарова; ВШТЭ СПбГУПТД. – СПб. : 2017. – 52 с.
2. Кеворкова, Ж. А. Концептуальные положения комплаенс как формы внутреннего контроля в экономических субъектах. / Ж. А. Кеворкова, Н. Г. Сапожникова // Учет. Анализ. Аудит. – 2020. – Т. 7 – № 2. – С. 6-16.
3. Лавренко, Е. А. Внедрение комплаенса в систему управления предприятием / Е. А. Лавренко // Гуманитарный научный вестник. – 2020. – № 6. – С. 50-53.
4. Лавренко, Е. А. Внедрение логистического комплаенса в систему реализации продукции на предприятии / Е. А. Лавренко // Креативная экономика. – 2020. – Т. 14 – № 6. – С. 1105-1114.
5. Катъкало, В. С. Методические указания для подготовки курсового проекта «SWOT-анализ» : учебное пособие / В. С. Катъкало, А. С. Веселова, С. В. Смелцова; ВШБ НИУ ВШЭ. – М. : 2021. – 51 с.

# Разработка парсера для автоматизации работы с учебными планами факультета компьютерных наук Воронежского государственного университета

М. Н. Быков, email: m.byckoff2015@yandex.ru  
Е. А. Копытина, email: zhemkaterina@yandex.ru

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»

***Аннотация.** В данной статье предложен подход для разработки парсера учебных планов факультета компьютерных наук Воронежского государственного университета, требуемого для создания базы данных, которая ляжет в основу автоматизации формирования части документа «Основная профессиональная образовательная программа».*

***Ключевые слова:** электронные документы, база данных, учебные планы, автоматизация рутинных задач.*

## Введение

За последние десятилетие мы всё более явно ощущаем наступление в истории человечества новой эры – Информационной. Объём данных, с которым мы встречаемся каждый день и который необходим нам для выполнения наших профессиональных обязанностей, неуклонно растёт.

Разумеется, для эффективного взаимодействия с подобным объёмом информации, требуются соответствующие инструменты по их обработке. на помощь приходят признанные средства, такие как Microsoft Excel или LibreOffice Calc. Однако, зачастую перед нами ставятся нетривиальные или комплексные задачи, выполнение которых при помощи готовых решений становится неэффективно, ведь большую часть работы приходится делать вручную, как показано в [1-8].

Именно в таких ситуациях максимальную пользу приносят инструменты, сконструированные специально для выполнения поставленной задачи. Одним из примеров использования таких инструментов является составление учебных планов для факультета компьютерных наук Воронежского государственного университета. Для каждого направления и года обучения формируется книга Excel, содержащая страницы «Титул», «График», «План», «Компетенции», и так далее.

Для эффективной организации учебного процесса, необходимо организовать автоматический перенос данных из книги Excel в базу данных. Конечно, есть вариант выполнять данные операции вручную,



однако таким образом придется потратить слишком много времени на рутинную работу. Именно для такой ситуации пригодится описываемый в рамках данной статьи парсер данных, время работы которого значительно выше. Этот проект нацелен на ускоренное формирование полноценной базы данных, исходя из информации, находящейся в таблицах книги Excel, что делает его крайне перспективным инструментом в рамках организации работы с информацией.

## **5. Постановка задачи**

К описываемому в статье проекту по реализации скрипта-парсера для создания и заполнения реляционной базы данных, предназначенной для хранения учебных планов факультета компьютерных наук Воронежского государственного университета, были выдвинуты следующие требования:

- Чтение информации из таблиц формата «xlsx»;
- Возможность подключения к базе данных напрямую для дальнейшей отправки сгенерированных SQL-запросов;
- Автоматическое преобразование информации из таблиц к легкочитаемому виду.

## **6. Средства реализации**

Проект реализуется посредством создания базы данных для хранения и загрузки в неё отношений, скрипты создания которых написаны на диалекте PostgreSQL.

В процессе работы были использованы следующие технологии:

- Диалект PostgreSQL языка SQL. В данном проекте используются сгенерированные запросы по вставке данных в систему;
- Java. Современный объектно-ориентированный язык программирования, на котором написана основа парсера. С помощью сторонних библиотек функциональные возможности языка значительно расширяются, открывая новые возможности внедрения бизнес-логики.

Для реализации проекта было использовано следующее программное обеспечение:

- pgAdmin 4. Система управления базами данных с графическим интерфейсом на основе PostgreSQL. Была создана база данных «schedule», в которую скрипт загружает считанные данные;
- IntelliJ Idea Professional Edition. Среда разработки на языке Java, позволяющая создавать рабочие проекты и подключать к ним различные модули, а также значительно оптимизирующая процесс разработки.

## 7. Реализация логики

Для реализации парсера были использованы следующие библиотеки:

- Apache Poi – библиотека, которая позволяет использовать файлы MS Office в Java приложениях.

- Spring Data JPA – модуль библиотеки Spring, предназначенный для подключения приложения к базе данных.

- Hibernate – библиотека для языка программирования Java, предназначенная для решения задач объектно-реляционного отображения.

- Lombok – небольшая аннотационная библиотека, позволяющая сократить количество шаблонного кода.

- Hibernate – библиотека, отвечающая за маппинг Java объектов к соответствующим таблицам в базе данных.

Разработанный парсер взаимодействует с реляционной базой данных PostgreSQL посредством готовых SQL-запросов типа INSERT.

Цикл работы скрипта во время работы с документом следует разделить на три ключевых этапа:

- Модуль, инициализирующий подключение к .xlsx таблице и подключение к базе данных;

- Модуль, считывающий данные из .xlsx таблиц и преобразующий их в объекты языка Java;

- Модуль, выполняющий транзакцию и вносящий полученные данные в PostgreSQL.

Первый этап представлен следующими функциями в файле DBConnection.java:

- getConnection()– функция, инициализирующая подключение к реляционной базе данных PostgreSQL, возвращает connection;

- connectXlsx()– функция, инициализирующая подключение к .xlsx таблице через глобальный путь к файлу, возвращает книгу в формате объекта Java.

Второй этап представлен функциями, взаимодействующими с Excel таблицами. Функции находятся в файле Parser.java:

- parseCompetentions() – считывает данные листа «Компетенции» выбранной .xlsx книги, возвращает список компетенций в формате объектов Java;

- parsePlan() – считывает данные листа «ПланСвод» выбранной .xlsx книги, возвращает список планов в формате объектов Java;

- parseTitular() – считывает данные листа «Титул» выбранной .xlsx книги, возвращает информацию с титульного листа в формате объекта Java.

Третий этап представлен функцией `commitTransaction()` файла `Transaction.java`, которая собирает все полученные парсером данные и вносит их в соответствующие таблицы базы данных: `Plans`, `Titulars`, `Competentions`. Для этого создаются объекты типа `PreparedStatement`, содержащие в себе необходимые SQL-запросы. После выполнения запросов подключение к базе данных автоматически закрывается, и парсер переходит в состояние готовности к обработке следующего документа.

### **Заключение**

В данной статье был рассмотрен процесс разработки и внедрения парсера для создания и заполнения реляционной базы данных, предназначенной для хранения учебных планов факультета компьютерных наук Воронежского государственного университета. В настоящее время в проект добавлены основные функциональные возможности: подключение к книге `Excel`, считывание данных и их выгрузка в базу данных. В перспективе проект функциональные возможности проекта будут расширены: в частности, ключевым вектором для совершенствования проектам является улучшение пользовательского интерфейса, с целью повышения удобства использования парсера.

### **Список литературы**

1. Реализация проекта по созданию реляционной базы данных для Контрольно-счётной палаты Воронежской области / А. Г. Потапов, А. В. Порядин, Т. Д. Братышев [и др.] // Труды молодых ученых факультета компьютерных наук ВГУ. Том Выпуск 2. – Воронеж : ООО «ВЭЛБОРН», 2022. – С. 132-137.
2. Разработка парсера для автоматизации деятельности Контрольно-счетной палаты Воронежской области / А. В. Порядин, А. Г. Потапов, Т. Д. Братышев [и др.] // Труды молодых ученых факультета компьютерных наук ВГУ. Том Выпуск 2. – Воронеж : ООО «ВЭЛБОРН», 2022. – С. 127-131.
3. Вариант решения задачи оптимизации толщины теплоизоляционного слоя в теплоснабжении / Н. А. Петрикеева, Д. М. Чудинов, Л. П. Мышовская // Научный журнал строительства и архитектуры. – 2018. – № 2(50). – С. 21-28.
4. Подольский, К. Д. Формирование предварительного коммерческого предложения ООО «ЧерноземАгромаш» средствами MS Excel / К. Д. Подольский, Я. Э. Головин, Е. А. Копытина // Сборник студенческих научных работ факультета компьютерных наук ВГУ : Сборник научных работ. В 2-х частях / Под редакцией Д.Н. Борисова.

Том Выпуск 14. Часть 1. – Воронеж : Воронежский государственный университет, 2020. – С. 143-147.

5. Кропачев, А. Н. Формирование отчета деятельности наркоконтроля по Воронежской области средствами офисных приложений / А. Н. Кропачев, Е. А. Копытина // Труды молодых учёных факультета компьютерных наук ВГУ : Сборник статей / Под редакцией Д.Н. Борисова. Том Выпуск 1. – Воронеж : Общество с ограниченной ответственностью «Вэлборн», 2021. – С. 80-84.

6. Копытин, А. В. О распределении штрафов и вознаграждений в проектах / А. В. Копытин, Д. И. Соломатин // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2016. – № 4. – С. 119-126.

7. Васянкин, А. А. Модификация понятия «электронный документ» в системе электронного документооборота / А. А. Васянкин, Э. В. Кузьмина // Кайгородовские чтения : Материалы региональной научно-практической конференции, Краснодар, 29 апреля 2010 года / Краснодарский государственный университет культуры и искусств. – Краснодар: Краснодарский государственный университет культуры и искусств, 2010. – С. 75-79.

8. Application of game theory when taking decisions and choosing the best variant / N. Petrikeeve, Y. Kopytina, G. Martynenko, V. Kozlova // E3S Web of Conferences : Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering, TPACEE 2019, Moscow, 20–22 ноября 2019 года. Vol. 164. – Moscow: EDP Sciences, 2020. – P. 08027. – DOI 10.1051/e3sconf/202016408027.

## **ИТ-ландшафт как путь повышения эффективности управления предприятием**

П. А. Волкова, email: polcor8@gmail.com

В. М. Комаров, email: vmkomarov@mail.ru

ФГБОУ ВО РГАТУ имени П. А. Соловьева

***Аннотация.** В данной работе сформированы понятия информационного ландшафта, ИТ-ресурсов, описан процесс разработки карты ИТ-ландшафта, создана методика по построению ИТ-ландшафта на предприятии. Выполнено построение архитектурной схемы функционирования системы по агрегированию данных в единое хранилище в информационном ландшафте предприятия.*

***Ключевые слова:** ИТ-ландшафт, информационный ресурс, эффективность управления предприятием, информационная система.*

### **Введение**

В настоящее время практически все предприятия имеют те или иные ИТ-ресурсы. Однако эти ресурсы приобретались в прошлом по мере необходимости для решения частных задач и в разное время. Тогда никто не задумывался об интеграции этих ресурсов в единую информационную систему предприятия. В результате сложилась ситуация, когда имеющиеся на предприятии ИТ-ресурсы имеют разнородную структуру и не стыкуются по множеству параметров. Это не позволяет объединить их в единую систему, что приводит к проблемам в управлении предприятием и неэффективному расходованию средств. Поэтому в настоящее время на многих предприятиях возникла проблема объединения всех ИТ-ресурсов в единую информационную систему, что должно способствовать повышению эффективности управления предприятием.

### **1. Создание единой системы ИТ-ресурсов на предприятии**

Для решения поставленной задачи определим всю совокупность ИТ-ресурсов предприятия, объединенных в единую информационную систему, как ИТ-ландшафт предприятия. Таким образом, ИТ-ландшафт предприятия – это совокупность всех ИТ-элементов и отношений между ними, которые предназначены для решения задач и достижения целей предприятия.

Создание ИТ-ландшафта предприятия предполагает проведение сложного комплекса действий, направленных на структурирование и отображение элементов архитектуры ИТ-элементов. При этом необходимо использовать информационный подход, так как элементы архитектуры отражают именно информационные аспекты деятельности предприятия.

Как и природный ландшафт, ИТ-ландшафт требует должного «ухода» за собой, а также необходимого обновления. Для этого необходима ответственная команда, которая знает все элементы системы. Эта команда должна понимать цели предприятия, а также перспективы развития системы [1, 2].

Правильно выстроенный ИТ-ландшафт должен отвечать следующим требованиям:

1. система должна предусматривать возможность роста и изменений;
2. все элементы системы должны быть согласованы и не мешать работе друг друга;
3. каждый элемент системы выполняет свою определенную задачу, и дублирование в выполнении задач не допускается;
4. необходимо обеспечить защиту данных;
5. при выборе нового элемента необходимо учитывать его стоимость и совместимость с другими элементами ландшафта.

ИТ-ландшафт на типовом предприятии включает в себя следующие структурные элементы [3, 4]:

- сетевую архитектуру;
- ИТ-архитектуру;
- архитектуру информации.

При рассмотрении сетевой архитектуры можно говорить о физическом и канальном уровне модели OSI, которые будут описывать каналы, оборудование, топологию сети, кодирование сигналов, методы доступа.

ИТ-архитектура состоит из информационной архитектуры, архитектуры прикладных решений и технической архитектуры. Таким образом, эта архитектура предназначена для описания информационных систем, использующихся на предприятии, и их взаимосвязи.

При этом у каждого предприятия есть собственные требования к информационным системам:

- функционал системы должен решать определенные задачи бизнес-процессов;
- характеристики системы должны отвечать заданным требованиям.

Существует множество методик для описания ИТ-архитектуры, например, методики TOGAF, Gartner и META Group. [5-7]

При рассмотрении архитектуры информации необходимо обратить внимание на принципы, стандарты и модели, которые нужны для работы с информацией. Для моделирования хранилищ данных можно использовать ER-диаграммы, data flow digram (DFD).

Каждое предприятие имеет свой ИТ-ландшафт, который, в первую очередь, зависит от размеров предприятия. Это влияет на принцип построения ИТ-ландшафта.

При создании ИТ-ландшафта необходимо решить следующие задачи:

- определить цель и решаемые задачи построения ИТ-ландшафта;
- произвести консультации разного уровня для выяснения бизнес-процессов и технических требований;
- произвести анализ ИТ-ресурсов и сформировать понимание архитектуры в целом;
- определить границы ИТ-ландшафта;
- необходимо сформировать требования к программному и техническому обеспечению для функционирования системы с заданными параметрами производительности и надежности;
- проектирование ИТ-ландшафта должно производиться в комплексе.

## **2. Описание ИТ-ландшафта на предприятии**

Для представления ИТ-ландшафта предприятия предлагается использовать карту ИТ-ландшафта.

Карта ИТ-ландшафта – это способ представления ИТ-ландшафта предприятия в виде, удобном для принятия решений о дальнейшем развитии предприятия в рамках информационных систем. Данная карта главным образом отображает связи между бизнес-процессами предприятия и информационными элементами.

Карта ИТ-ландшафта может понадобиться для структурирования большого набора объектов, отображения структуры объектов, а также для их группировки, анализа текущего состояния ИТ-ландшафта и внесения изменений.

Размеры карты ИТ-ландшафта зависят от той области бизнес-процессов и используемых информационных элементов, которые необходимо описать. Карта представляет собой таблицу, где строка заголовка – это «случай» (различные продукты, услуги, сегменты рынка или сценарии), для которых эти функции или процессы должны выполняться, а столбец заголовка – бизнес-процессы предприятия. В клетках таблицы, находящихся на пересечении строк и столбцов, будут

находиться информационные элементы, которые могут объединять несколько ячеек таблицы. Это соответствует описанию ИТ-ландшафта на языке ArchiMate [8].

Упорядочивание строк и столбцов может быть любым, что дает возможность расположить их так, чтобы можно было сгруппировать ячейки в области. Использование иерархической структуры в строках и столбцах таблицы поможет более подробно описать все бизнес-процессы. Уровень детализации зависит от цели составления ландшафтной карты.

Компоновка карты ИТ-ландшафта должна быть выполнена таким образом, чтобы она была простой для понимания. При определении групп возможно разделение или группировка ячеек. При этом следует руководствоваться следующим алгоритмом:

- необходимо выбрать информационные элементы для границ;
- необходимо выбрать информационные элементы для углов;
- информационные элементы, которые встречаются только в одной ячейке, необходимо поместить в центр;
- заполнить строки и столбцы карты.

Полученная карта ИТ-ландшафта будет отвечать всем требованиям. Она представляет собой удобный инструмент для понимания архитектурных решений, применяемых в бизнес-процессах предприятия. В ней могут отображаться связи между бизнес-процессами, информационными элементами, технологиями, данными, ресурсами. Это позволяет увидеть всю архитектуру предприятия как единое целое. Она может использоваться для старта описания более подробных моделей.

### **3. Методика построения ИТ-ландшафта производственного предприятия**

На основе вышеизложенного сформирована методика построения ИТ-ландшафта [9-11]. Она состоит из следующих этапов:

- подготовка и организация ключевой встречи;
- сбор данных;
- обработка информации;
- демонстрация результатов обследования;
- старт проектирования.

На первом этапе происходит установление контакта с представителями предприятия. При этом на предприятии должны быть выполнены следующие работы:

- определены цели, задачи, границы обследования;
- подготовлены участники, которые обладают необходимыми знаниями об информационной структуре (лучше выбирать по 1-2



человека из подразделения, при этом они должны быть открыты для общения и иметь при себе какие-либо первоначальные данные);

– участники мотивированы, знают друг друга, четко определены задачи каждого, а также всем понятны цели и задачи построения ИТ-ландшафта.

На следующем этапе осуществляется сбор информации в определенных границах. К примеру, это может быть определенный бизнес-процесс или отдел.

Далее осуществляется обработка полученной информации. Данный этап важен, потому что помогает сотрудникам предприятия осознать свои достижения, векторы развития, а создателям ИТ-ландшафта позволяет погрузиться в процессы предприятия для качественного выполнения проектных работ.

В рамках данного этапа могут выполняться следующие работы:

- анализ активного сетевого оборудования;
- анализ программного обеспечения;
- изучение функций информационных систем;
- анализ работы телефонной связи;
- анализ периферийных устройств, и другие работы в зависимости от специфики ИТ-ландшафта.

Работы в рамках построения ИТ-ландшафта зависят от границ исследования. Результатом обследования является карта ИТ-ландшафта.

Далее информация предоставляется сотрудникам предприятия с целью контроля принятых решений и выводов. Информация должна быть консолидирована в единый справочник или отчет. Если в ходе обследования выявлены проблемы, то эти вопросы обсуждаются в первую очередь. Лучше регулярное общение с сотрудниками предприятия для успешного принятия решений.

Далее полученные данные можно использовать для проектирования новой информационной системы или улучшения текущего информационного ландшафта.

Возникающие в ходе построения ИТ-ландшафта проблемы бывают двух видов:

- проблемы, связанные с человеческим фактором;
- проблемы, связанные со сложностью обработки большого объема данных.

Ключевыми являются проблемы, приведенные в табл. 1. Эти проблемы должны решаться в ходе построения ИТ-ландшафта. Чтобы упростить получение нужных сведений от сотрудников, необходимо до начала массового сбора информации провести несколько презентаций, обозначив цели проекта в целом и осветив вопросы, требующие

детальной разработки. Необходимы и периодические презентации для руководителей, которые будут принимать участие в согласовании отчета.

Таблица 1

*Виды проблем построения ИТ-ландшафта*

<b>Вид проблем</b>	<b>Задача</b>	<b>Суть проблемы</b>
Люди	Получение нужной информации от сотрудников	Неприятие проекта в целом
		Незнание
		Отсутствие четко поставленных задач со стороны руководства
	Согласование итогового отчета	Неприятие выводов, сделанных в ходе проекта
	Использование итогового отчета	Неприятие результатов проекта
Данные	Формирование общего представления об ИТ	Неполнота собранных данных
	Отсутствие документации	Отсутствие четкого (документированного) описания текущей инфраструктуры
		Отсутствие документации по программному обеспечению
	Обработка собранных данных	Большой объем плохо структурированных данных

Для упрощения анализа большого объема данных необходима автоматизация процедуры сбора и обработки информации.

#### **4. ИТ-ландшафт производственного предприятия**

На предприятии создается платформа для агрегирования данных с системы мониторинга производственного оборудования и информационных систем предприятия, способная формировать аналитику на основе полученных данных. Это позволит линейному менеджменту, руководителю подразделения, топ-менеджменту предприятия вести активное управление производственными показателями.

Целью построения ИТ-ландшафта является преодоление ограничений, которые накладываются ручным сбором и обработкой информации о деятельности производственного подразделения, а также недостаточностью информации, на возможности роста объемов и эффективности производства.

Аналитика, формируемая платформой на основе данных, должна содержать следующие информационные блоки контроля и мониторинга:

- персонал;
- мониторинг загрузки оборудования;
- планирование производства;
- нормативно-справочная информация (НСИ) и технологическое оборудование;
- производственная оснастка, инструментом и нестандартным оборудованием;
- контрольный и измерительный инструмент;
- тара;
- вспомогательные материалы.

Перечень источников данных для агрегирования в хранилище по блокам приведен в табл. 2.

Таблица 2

*Перечень источников данных*

<b>Блок управления и мониторинга деятельности производственного подразделения</b>	<b>Источники данных</b>
Управление персоналом	АСУП, 1С ЗУП, Lyrix
Управление загрузкой оборудования	АИС, 1С:ERP; АСУП
Управление планированием производства	АСУП, 1С:ERP, Simatic IT Preactor
Управление НСИ и технологическим оборудованием	Интермех, АСУП, 1С:ERP
Управление производственной оснасткой, инструментом	АСУП
Управление контрольным и измерительным инструментом	АСУП
Управление вспомогательными материалами	АСУП, 1С:ERP
Управление тарой	1С:ERP

Архитектурная схема функционирования системы в информационном ландшафте предприятия приведена на рисунке.

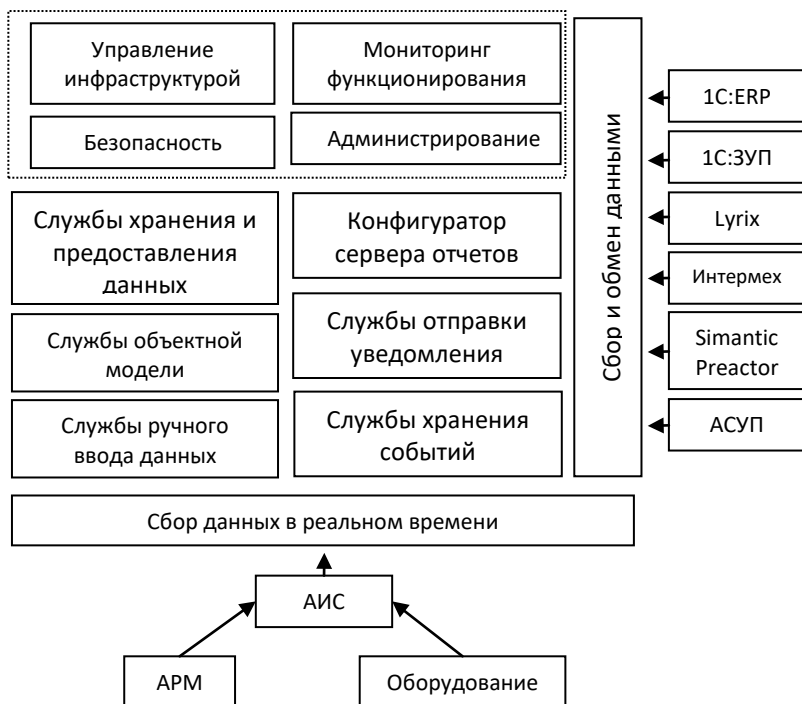


Рисунок. Архитектурная схема функционирования системы в информационном ландшафте предприятия

Платформа призвана обеспечить создание единой точки доступа к производственным данным, агрегируемым с информационных систем и иных источников данных, а также с системы мониторинга промышленного оборудования, с целью повышения скорости и качества принятия управленческих решений и повышения эффективности использования ресурсов.

### Заключение

Создание ИТ-ландшафта предприятия приведет к повышению эффективности управления этим предприятием и более эффективному расходованию средств, что весьма актуально на современном этапе.

### Список литературы

1. Абросимов, В. К. Информационный ландшафт организации / В. К. Абросимов, Р. С. Демидов // Интеллектуальные системы. – Москва, 2011. – Т. 1. – С. 9-23.
2. ИТ-ландшафт компании [Электронный ресурс] : сайт компании «Саймон». – Режим доступа: <https://saymon.info>
3. Морозова, О. А. Интеграция корпоративных информационных систем : учебное пособие / О. А. Морозова. М. : Финансовый университет, 2014. – 140 с.
4. Анализ ИТ инфраструктуры [Электронный ресурс] : блог компании «Стек». – Режим доступа: <https://stekspb.ru>
5. The TOGAF Standard [Электронный ресурс] : сайт компании «Open Group». – Режим доступа: <https://www.opengroup.org>
6. Insight that drives stronger performance [Электронный ресурс] : сайт компании «Gartner». – Режим доступа: <https://www.gartner.com/en>
7. Методика META Group [Электронный ресурс] : Bstudy – статьи для высших учебных заведений. – Режим доступа: <https://bstudy.net>
8. Landscape Maps for Enterprise Architectures / Leendert van der Torre [и др.] // Advanced Information Systems Engineering (Luxembourg, June 5-9) – Luxembourg, 2006. С. 351-366.
9. Ландшафтный дизайн ИТ [Электронный ресурс] : ООО «Издательство «Открытые системы». – Режим доступа: <https://www.osp.ru>
10. Этап обследования как точка опоры ИТ-проекта [Электронный ресурс] : блог Naumen. – Режим доступа: <https://blog.naumen.ru>
11. Аудит ИТ инфраструктуры [Электронный ресурс] : блог ИТ OUTSOURCING. – Режим доступа: <https://www.sigirgroup.ru>

## Современная социальная инженерия: методы воздействия и противодействия

Я. А. Воронцов, email: jessy-black0990@yandex.ru

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»

***Аннотация.** В данной работе рассматриваются техники воздействия, используемые злоумышленниками для совершения атак с использованием социальной инженерии, а также методы противодействия подобным атакам. Предпринимается попытка структурировать методы социальной инженерии в историческом контексте и на основе используемого канала коммуникации, выделить характерные черты подозрительных сообщений, а также классифицировать способы защиты от фишинга на основе управленческого и экономического факторов.*

***Ключевые слова:** информационная безопасность, социальная инженерия, канал коммуникации, спам, фишинг, подозрительное сообщение, двухфакторная аутентификация.*

### Введение

XXI век стал эпохой расцвета киберпреступлений, и если в начале века многие злоумышленники обычно добивались успеха из-за наличия серьёзных уязвимостей в программном обеспечении и несовершенства протоколов безопасности, то ближе к концу второй декады, благодаря появлению международных сообществ профессионалов в области информационной безопасности (здесь и далее – ИБ), отраслевых стандартов (например, семейства ISO 27001) и сертификаций, а также развития технических средств противодействия угрозам, относительная доля «технических» атак стала убывать. При этом стабильный рост абсолютного числа проблем в области ИБ сохранился, не в последнюю очередь из-за того, что злоумышленники сдвинули фокус векторов атак с техники на человека, который является самым слабым звеном в сложных современных IT-системах. В отличие от роботов и алгоритмов, живой оператор IT-системы подвержен атакам с использованием социальной инженерии, т. е. совокупности психологических и социологических приёмов, методов и технологий, которые позволяют злоумышленникам добиваться определенных целей [1, 2].

## **1. Цели и задачи социальной инженерии**

Цели, преследуемые злоумышленниками, можно примерно ранжировать по степени их опасности для жертвы и для окружающих. Более точную классификацию (согласно статьям Уголовного кодекса) можно получить у юристов, специализирующихся в области уголовного права.

1. Розыгрыш, шутка или хулиганство.
2. Дискредитация (желание публично унижить жертву).
3. Кража денег или других материальных ценностей.
4. Кража личных данных жертвы.
5. Кража другой информации, включая конфиденциальную (например, ноу-хау компании, корпоративных учетных записей, государственной тайны и т. п.).

Обычно, в двух последних случаях кража данных является лишь первым шагом полного вектора атаки, цель которой может заключаться как в нанесении ущерба конкретному человеку, включая совершение противоправных действий от его имени, так и получении несанкционированного доступа к корпоративным компьютерным сетям и программному обеспечению.

Чаще всего, злоумышленники используют слабости человека или негативные черты характера – жадность, желание получить что-либо бесплатно («на халяву»), страх (за себя, за своих близких), невнимательность, излишнюю доверчивость [1]. Ключевой задачей социального инженера является атака на подсознание, т. е. фактически временный перевод жертвы в такое состояние, в котором она не способна рационально мыслить, и, таким образом, шире открывает окно возможностей для атаки. Согласно отчёту Microsoft Digital Defense Report за 2022 год, современному злоумышленнику требуется в среднем около 80 минут, чтобы получить доступ к учетным записям жертвы социальной инженерии с использованием поддельного сайта для кражи паролей, и около 100 минут, чтобы начать продвижение по корпоративной сети с использованием украденных учетных данных [3].

## **2. Типы атак с использованием социальной инженерии**

Удобнее всего рассматривать типы социальной инженерии в историческом контексте, поскольку от этого контекста также зависит и используемый злоумышленниками канал связи (коммуникации) [2]:

– Vishing (вишинг) – телефонные звонки, в ходе которых злоумышленник пытается втереться в доверие к жертве и склонить её к совершению действий в своих интересах. Метод получил развитие в эпоху всеобщей домашней телефонизации и получил второе рождение в начале 2000-х в связи с массовым распространением мобильной связи.

– Phishing (фишинг) – использование злоумышленником электронной почты для мошенничества, кражи денег или учетных данных жертвы.

– Smishing (смишинг) – отправка жертве текстовых сообщений с целью вынудить её действовать в интересах атакующего. Метод становится популярным с развитием сервиса коротких текстовых сообщений у сотовых операторов. В настоящее время термин часто подразумевает социальную инженерию посредством любого сервиса обмена текстовыми сообщениями, включая мессенджеры.

Существуют и другие классификации типов атак, которые вводят более специфические сценарии использования конкретных черт характера и человеческих слабостей [1].

Отдельно в данном контексте стоит рассмотреть различия спама и фишинга. Спам, т. е. массовая рассылка не релевантной для получателя информации без его согласия, исторически возник раньше, ещё в доцифровую эпоху, и изначально распространялся через обычные почтовые ящики в виде рекламных листовок. Многие характерные приёмы (например, массовость рассылки, использование угроз, эксплуатация доверчивости и наивности получателей и т. д.), которые в настоящее время используются злоумышленниками для атак с применением социальной инженерии, были опробованы именно на спам-рассылках. Не всякий спам является вредоносным, но при этом почти любой фишинг можно отнести к спаму.

### **3. Как не стать жертвой злоумышленников**

Вероятность того, что человек, даже не будучи активным пользователем сети Интернет, рано или поздно столкнётся приёмами социальной инженерии, высока – дело в утечках данных, которые периодически случаются как у крупных коммерческих компаний (например, у Яндекса и у СДЭК в 2022 году), так и у государственных сервисов [4]. Используя номер телефона и электронную почту как уникальные идентификаторы, злоумышленники могут обогащать уже имеющиеся у них данные после каждой новой утечки.

Поэтому, раз уж встреча с методами социальной инженерии – это всего лишь вопрос времени, то для идентификации подозрительных сообщений стоит придерживаться ряда правил.

– Во-первых, стоит всегда помнить об официальных каналах связи внутри организации и для внешних коммуникаций. Любое сообщение, полученное не по официальному каналу, следует воспринимать критически.

– Если получатель ожидает сообщения от отправителя, но после получения сомневается в его аутентичности, то рекомендуется связаться



с отправителем, используя другой доверенный канал связи (например, корпоративный мессенджер для проверки валидности почтовой рассылки).

– Следует знать о красных флагах, которые позволяют с высокой долей вероятности отнести сообщение в категорию подозрительных [5]:

- формат общения через мессенджеры или по телефону, нацеленный на управление эмоциями жертвы (например, сообщение о якобы угрозе близкому человеку);
- предупреждающие плашки от клиента электронной почты или от мессенджера о ненадёжности отправителя сообщения;
- орфографические, пунктуационные и грамматические ошибки в заголовке и тексте;
- намеренно неверное написание домена электронной почты отправителя;
- неперсонализированное обращение отправителя или необычный, отличающийся от принятого в организации, формат подписи;
- использование фраз или подписи в конце сообщения, которые свидетельствуют о коммуникации от имени якобы «авторитетного» или «доверенного» источника;
- само сообщение содержит в себе запрос на предоставление конфиденциальных данных, доступа к учетной записи или платёжной информации, при этом в случае непредоставления этой информации отправитель угрожает негативными последствиями (например, блокировкой учетной записи или банковского счёта, пропажей денег, арестом и т. п.).

– Перед открытием любых ссылок из подозрительного электронного письма рекомендуется навести курсор мышки на ссылку, чтобы дождаться появления всплывающей подсказки, которая покажет настоящий адрес ресурса. Этот пункт также касается ссылок, которые вставлены в текст сообщения в виде QR-кода – рекомендуется не использовать автоматический переход по ссылкам в программе для сканирования кодов.

– Если письмо содержит вложения, то рекомендуется воспользоваться антивирусным ПО для их сканирования. Исполняемые файлы во вложении (\*.exe) или файлы-ссылки (\*.lnk) с высокой долей вероятности говорят о вредоносности сообщения.

– Обо всех подозрительных коммуникациях нужно сообщать или в отдел ИБ организации (если дело происходит в корпоративном окружении), или провайдеру электронной почты или мессенджера с

помощью стандартной функции «Сообщить о фишинге/подозрительном сообщении».

– В случае, если до конца не удаётся установить достоверность сообщения, его следует трактовать как подозрительное и действовать с ним в соответствии с предыдущим пунктом.

#### **4. Противодействие атакам с использованием социальной инженерии**

Большинство специалистов в области ИБ отмечают, что не существует такого подхода, который позволил бы на 100% предотвратить социальную инженерию. Поэтому главное при противодействии – системность и многоканальность, т. е. воздействие на потенциальных жертв разными способами. При этом также стоит принять популярную в области ИБ точку зрения о том, что атакующая сторона всегда находится на шаг впереди защищающейся, поэтому жертва может столкнуться с не знакомыми ранее новыми техниками атаки.

Практически все предлагаемые ниже методы противодействия социальной инженерии будут действовать одинаково хорошо как в контексте защиты личных данных и домашних компьютеров, так и при защите корпоративных и государственных сетей и систем хранения данных. Для простоты классификации стоит выделить симметричные методы, связанные с анализом подозрительных сообщений, и асимметричные, которые позволяют снизить риск успешной атаки, при этом не воздействуя непосредственно на источники проблемы.

Для начала рассмотрим асимметричные методы, поскольку они являются наиболее эффективными с экономической точки зрения и обеспечивают максимальное снижение риска успешной атаки при минимуме затрат на реализацию:

– Установка двухфакторной аутентификации для ключевых учетных записей (например, социальные сети, электронная почта – личная и корпоративная). При наличии технической возможности рекомендуется отказаться от использования SMS-кодов в качестве второго фактора и пользоваться специальными аппаратными брелоками или генераторами одноразовых кодов (например, Yubikey) [3].

– Использование специализированного ПО для хранения паролей. Данная мера позволяет иметь уникальные пароли для каждого веб-ресурса и отказаться от порочной практики повторного использования паролей. Кроме того, использование менеджера паролей позволит избежать необходимости ротации паролей на всех используемых жертвой веб-ресурсах, если она всё-таки подверглась успешной атаке.

Большинство прямых методов противодействия базируются на повышении бдительности потенциальных жертв и постоянной их тренировке на наглядных примерах, а также на технических мерах защиты. Хорошей аналогией прямых методов являются меры, которые используют медики для предотвращения крупных эпидемий и пандемий – пропаганда здорового образа жизни и вакцинация, а также изоляция и карантин для уже заболевших.

– Периодический выпуск бюллетеней с актуальной информацией об угрозах социальной инженерии. Хороший тренд задали банки, которые периодически напоминают своим клиентам об угрозах, связанных с социальной инженерией, и об ответных мерах, которые клиенты должны предпринимать для того, чтобы не оказаться в числе жертв. В случае возникновения нового вектора атаки крайне рекомендуется обновить содержимое бюллетеня и провести внеочередную рассылку-оповещение.

– Тестирование сотрудников предприятий на устойчивость к социальной инженерии. Тема тестирования стала особенно популярной в 2020 году в связи с эпидемией COVID-19 и переводом множества сотрудников на удалённый режим работы. Стоит отметить, что среди наиболее популярных провайдеров в области обучения кибербезопасности (Phishing Box, KnowBe4, InfoSec IQ, SANS Institute) нет консенсуса по поводу использования унифицированных метрик, поэтому инструменты для проведения тестов обычно позволяют определить три ключевые метрики – процент открывших/прочитавших письмо (Open Rate), процент провалившихся тест (Click/Failure Rate) и процент оповестивших отдел ИБ об атаке (Report Rate) [6]. Тем не менее, как показывают некоторые зарубежные исследования, низкий процент провалившихся не является хорошим показателем устойчивости организации в целом к социальной инженерии [7].

– Использование технических средств защиты против злоумышленников [3]. Сюда можно отнести системы защиты электронной почты, антивирусное ПО с системой фильтрации сетевого контента, брандмауэры нового поколения (NGFW), унифицированные решения по управлению угрозами (UTM). Большинство данных средств пассивно или активно сканирует сетевой трафик и, в случае обнаружения попытки доступа к подозрительному ресурсу, блокирует переход по опасному адресу. Для поддержания работоспособности подобных решений используются как «чёрные списки», так и репутационные оценки ресурса, которые динамически вычисляются провайдерами технических решений.

### Список литературы

1. Ромачев, Р. В. Практический курс HUMINT для частной разведки / Р. В. Ромачев. – М. : Горячая линия – Телеком, 2022. – 340 с.: ил
2. Осторожно, это ловушка: что такое социальная инженерия [Электронный ресурс] : REG.RU / Блог. – Режим доступа: <https://www.reg.ru/blog/chto-takoe-sotsialnaya-inzheneriya/>
3. Microsoft Digital Defense Report 2022 [Электронный ресурс] : State of Cybercrime / Microsoft Security. – Режим доступа: <https://www.microsoft.com/en-us/security/business/microsoft-digital-defense-report-2022-state-of-cybercrime>
4. На крючке: как изменился фишинг в 2022 году, и на что мошенники ловили своих жертв [Электронный ресурс]: Хаб «Информационная безопасность» / Хабр. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/company/solarsecurity/blog/708694/>
5. Социальная инженерия глазами жертвы [Электронный ресурс]: Хаб «Информационная безопасность» / Хабр. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/707426/>
6. Lewis J. How to measure a phishing test program [Электронный ресурс]: Cira.ca blog. – Режим доступа: <https://www.cira.ca/blog/cybersecurity/phishing-test-metrics-measurement>
7. Shipley D. The hard truth about phishing simulation click rates [Электронный ресурс]: LinkedIn Pulse. – Режим доступа: <https://www.linkedin.com/pulse/hard-truths-phishing-simulation-click-rates-david-shipley/>

## Моделирование процессов арбитража при торговле цифровыми активами

А. А. Громковский, e-mail: aag68@bk.ru

А. В. Москаленко, e-mail: a.moskalenko.pm@gmail.com

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»

**Аннотация.** *В работе предложено решение задачи арбитража торговли цифровыми активами на основе формальных моделей для ручного и автоматического вариантов реализации. Бизнес-процесс арбитража цифровых активов был формализован посредством моделей в нотации BPMN. Непосредственное описание процесса реализовано бизнес-моделью в форме «As Is». На основе формы «As Is» была построена модель в форме «To Be». Построенная модель послужила основой для проектирования архитектуры информационной системы, модели данных и построения алгоритма нахождения прибыльных вилок.*

**Ключевые слова:** валютный арбитраж, моделирование, бизнес-процессы, информационные системы, BPMN, графы.

### Введение

Торговля цифровыми активами является одним из основных способов заработка в сети Интернет. В 2021 году по версии сайта tadviser объём рынка цифровых активов приблизился к значению в 3 триллиона долларов США. В этом же году данный рынок привлёк инвестиций на сумму более чем 30 миллиардов долларов [1].

Цифровые активы получили своё развитие в цифровой экономике в 2011 году, после публикации статьи «Crypto Currency» Энди Гринберга в журнале Forbes [2]. В 2017 году начала набирать популярность добыча цифровых активов (так называемый майнинг). Данный процесс вызвал подорожание видеокарт, ввиду активного их использования в майнинг-фермах. На конец 2022 года многие компании и предприниматели инвестируют в цифровые валюты, или даже создают свои активы, как например, Павел Дуров, основатель социальной сети «ВКонтакте» и мессенджера Telegram, благодаря которому была создана сеть TON (Telegram Open Network) для реализации операций обмена цифровыми активами посредством одноимённой цифровой валюты.

Государство признаёт экономическую значимость цифровых активов: регулирование использования цифровых валют и налогообложение прибыли, полученной в результате торговли

цифровыми активами в Российской Федерации осуществляется на основе 259-ФЗ «О цифровых финансовых активах, цифровой валюте и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», принятого в 2020 году [3].

Номинальная стоимость цифровых активов регулируется людьми, являющихся держателями этих активов. Это означает, что у данного рынка отсутствует какой-либо централизованный регулятор. По этой причине, в зависимости от доверия пользователей к тому или иному активу, его цена может достаточно сильно варьироваться, относительно цен на существующие мировые валюты. На платформах различных операторов цены на одни и те же цифровые активы могут отличаться. Совокупность данных факторов обуславливает возможность реализации процесса арбитража цифровых валют.

Моделирование процесса арбитража при торговле цифровыми активами предполагает реализацию следующих этапов:

- описание сущности работы арбитража цифровых активов;
- построение модели процесса арбитража цифровых активов;
- реализация архитектуры информационной системы для автоматизации процесса арбитража торговли цифровыми активами;
- обобщение результатов моделирования с целью выявления перспектив автоматизации процесса арбитража цифровых активов.

## 1. Моделирование процесса арбитража цифровых валют

При построении модели процесса арбитража цифровых валют были использованы основные понятия, приведённые в табл. 1:

Таблица 1

*Основные понятия*

<b>Термин</b>	<b>Определение</b>
Арбитраж цифровых валют	Это механизм заработка на основе разницы курсов цифровых валют у различных операторов
Stable Coin	Цифровая валюта, стоимость которой привязана к реальной валюте какой-либо страны. При решении задачи моделирования была использована валюта USDT, стоимость которой эквивалентна 1 доллару США

Термин	Определение
Пара	Числовое отношение стоимости двух цифровых валют, определяющее курс валют друг относительно друга
Круг	Цикл приобретения цифровой валюты за stable coin, перевод валюты на другую платформу, совершение операций обмена на иные цифровые валюты и конечный обмен на изначальный stable coin
Вилка	Набор пар, которые будут использоваться в круге
Длина вилки	Количество пар, которые составляют набор вилки

Для выявления сущности процесса арбитража, рассмотрим упрощённый пример выполнения круга. Апостериори известно, что данный круг генерирует прибыль. Пары для цифровых валют на двух биржах показаны в табл. 2 и табл. 3. Приведённые данные максимально приближены к реальной ситуации по состоянию на август 2022 года.

Таблица 2

*Котировки цифровых валют на бирже 1*

Биржа 1	ETH	BTC	LTC	BNB	NEO	USDT
ETH	-	0,0718 41	-	-	-	1665,73
BTC	13,919 62807	-	377,21 61449	72,458 5175	2016,1 29032	23187,4 2
LTC	-	0,0026 51	-	-	-	-
BNB	-	0,0138 01	-	-	-	-
NEO	-	0,0004 96	-	-	-	-
USDT	0,0006 003373 896	0,0000 431268 3343	-	-	-	-

Котировки цифровых валют на бирже 2

Биржа 2	ETH	BTC	LTC	BNB	NEO	USDT
ETH	-	0,0718 430000				1665,91 00000
BTC	13,919 24057	-	376,93 17753	72,453 26764	2008,0 32129	23187,4 5
LTC		0,0026 53	-			
BNB		0,0138 02		-		
NEO		0,0004 98			-	
USDT	0,0006 002725 237	0,0000 431267 7763				-

Из табл. 2 и табл. 3 видно, что курсы цифровых валют на двух биржах отличаются, причём отличия достаточно небольшие. Это является нормой для рынка цифровых активов и определяет особенность решения поставленной задачи.

Отношения цифровых валют в виде пар можно представить в виде ориентированного графа. Данный граф представлен на рис. 1. Рёбра красного цвета показывают отношение активов в паре для первой биржи. Рёбра синего цвета показывают отношение активов в паре для второй биржи. Числа рядом с рёбрами показывают, сколько единиц актива, указанного в начальной вершине, можно приобрести за одну единицу актива, указанного в конечной вершине.

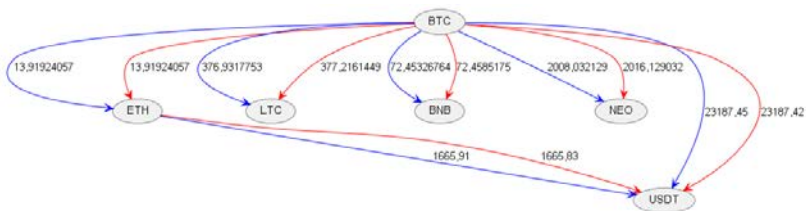


Рис. 1. Граф котировок цифровых валют

Граф, приведённый на рис. 1 является упрощённым. Для решения реальных задач арбитража цифровых активов предполагается использовать полный граф, отражающий все взаимосвязи для котировок



цифровых валют. Проведение анализа пар на основе имеющихся данных позволяет определить вилки, которые должны генерировать прибыль. Для рассматриваемого примера генерировать прибыль могут вилки, изображённые на рис. 2:

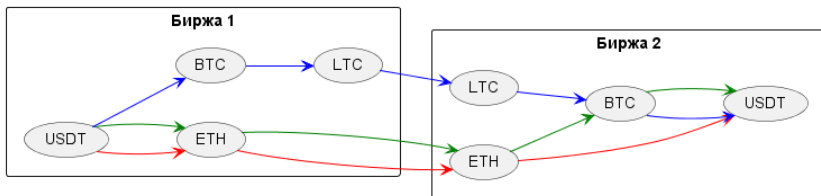


Рис. 2. Вилки, генерирующие прибыль

Реализация операции последовательного приобретения активов в вилках позволяет выполнить круг и извлечь прибыль.

Проведённый анализ демонстрирует действительную возможность получения прибыли при реализации процесса арбитража цифровых активов.

С учётом полученного вывода необходимо разработать модель, показывающую, какие именно процессы должны быть реализованы для одного круга с целью извлечения прибыли.

Модель процесса арбитража торговли цифровыми активами была построена в нотации BPMN для случая неавтоматизированной обработки информации, то есть в формате «As is» и изображена на рис. 3.

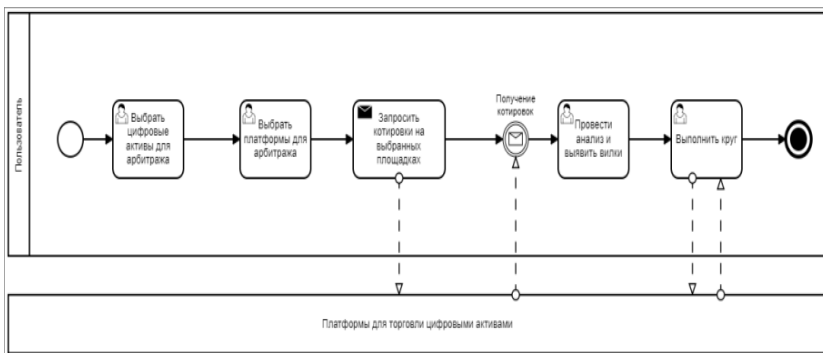


Рис. 3. Модель процесса арбитража цифровых активов в нотации BPMN формата «As Is»

Моделируемый процесс при неавтоматизированном выполнении требует затрат значительного количества времени. Так, на примере котировок из табл. 2 и табл. 3, неподготовленному респонденту понадобилось 3 минуты, чтобы найти все вилки для 6 видов активов на 2 платформах в рамках упрощённой модели. При увеличении количества цифровых валют и количества платформ затраченное время не будет возрастать линейно. Это связано с тем, что вычисление вилок для набора пар – сложный процесс. Он представляет собой задачу поиска самого длинного пути в ориентированном графе. Такие задачи решаются с помощью динамического программирования.

Для реализации процесса арбитража время является ключевым фактором. Это обусловлено быстрым варьированием цен на цифровые активы. Для уменьшения временных затрат необходимо спроектировать модель информационной системы, способной выполнять операции, связанные с анализом котировок и выполнением кругов в автоматическом режиме. Модель бизнес-процесса арбитража при торговле цифровыми активами в форме процесса «To Be», приведена на рис. 4.

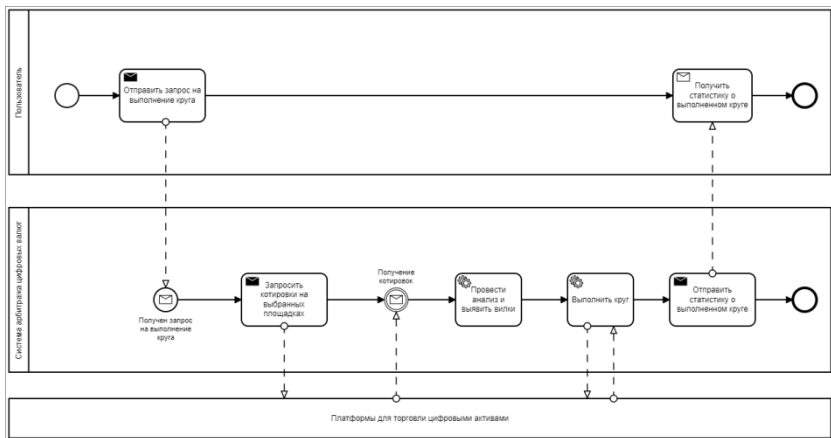


Рис. 4. Модель процесса арбитража цифровых активов в нотации BPMN формата «To Be»

На рис. 5 представлена архитектура информационной системы, для автоматизированного сбора и обработки информации по котировкам цифровых активов, а также их приобретения.

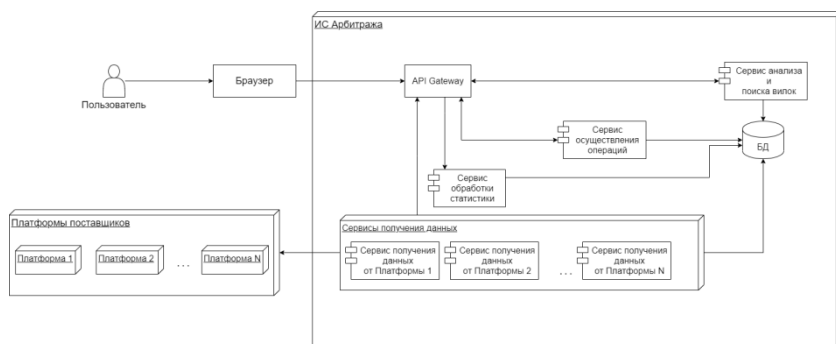


Рис. 5. Архитектура Информационной Системы для осуществления арбитража цифровых активов

В табл. 4 представлено функциональное описание каждого компонента системы.

Таблица 4

*Описание компонентов информационной системы арбитража цифровых валют*

Компонент	Описание
API Gateway	Программный интерфейс, реализующий взаимодействие отдельных компонентов информационной системы арбитража
Сервис операций	Сервис, предназначенный для автоматического проведения всех необходимых операций с целью выполнения круга и извлечения прибыли
Сервис анализа и поиска вилок	Сервис, предназначенный для анализа собранных данных из разных платформ, поиска вилок для полученного набора информации и оповещения сервиса операций о найденных вилках
Сервис обработки статистики	Сервис, предназначенный для предоставления пользователю статистической информации о найденных вилках и фиксации полученной прибыли
Сервисы получения данных	Совокупность сервисов, каждый из которых предназначен для фиксации котировок одной конкретной платформы и сохранения этой информации в базу данных

Для выявления вилок, на основе которых реализуется круг, была построена модель данных. Она выполнена на основе информации, которую можно получить с помощью выполнения запроса к API практически любой платформы торговли цифровыми активами. Модель данных представлена в виде ER-диаграммы на рис. 6.

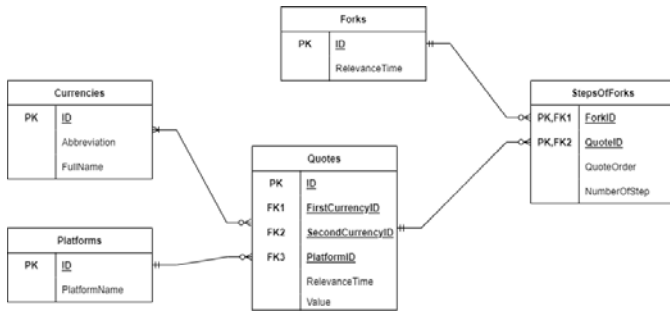


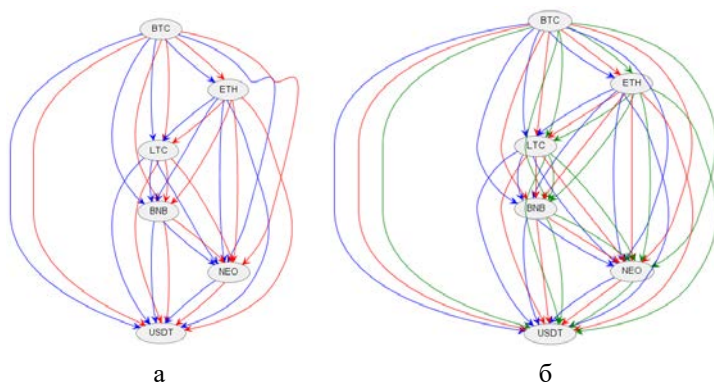
Рис. 6. ER-диаграмма, описывающая модель данных ИС арбитража цифровых валют

Котировки валют можно представить в виде ориентированного взвешенного графа. Особенностью данного графа является наличие между двумя вершинами графа нескольких связей. Количество связей определяется числом платформ торговли цифровыми активами. На рис. 7 изображены графы для описания моделей арбитража с 6 цифровыми активами на 2 и 3 платформах.

На основании анализа графов на рис. 7 видно, что подключение большего количества платформ будет увеличивать число потенциальных вилок, которые, по сути своей, будут являться вариантами обхода графа. При этом количество необходимых вычислительных операций будет возрастать.

На основе операционных данных был построен алгоритм, с помощью которого можно находить вилки, генерирующие прибыль. При реализации последовательности обработки пар можно определять количество цифровых валют, используемых в одной вилке, не включая stable coin. Этот параметр задаёт глубину обхода графа. После нахождения потенциальных вилок, необходимо произвести расчёт значения эквивалента относительно stable coin по потенциальным вилкам.

Если в случае выполнения круга в рамках расчёта начальный баланс увеличивается, вилка признаётся релевантной и сохраняется. Такую вилку можно использовать для генерации прибыли.



*а – граф, описывающий модель арбитража с 6 цифровыми активами на 2 платформах, б – граф, описывающий модель арбитража с 6 цифровыми активами на 3 платформах*

*Рис. 7. Графы, описывающие модели арбитража*

Графическая форма представления алгоритма определения потенциальных вилок для данных котировок приведена на рис. 8.

Жизненный цикл одной вилки является крайне непродолжительным. Следует учитывать, что платформа взимает комиссию за каждую операцию. Поэтому, для уменьшения временных затрат и снижения комиссии необходимо стремиться к уменьшению длины вилки.

На основе опыта проведения операций с цифровыми активами можно прийти к выводу, что эмпирически приемлемая длина вилки должна составлять от 2 до 3 пар. Это обусловлено возрастанием количества необходимых вычислений и увеличением размера комиссии платформ торговли цифровыми активами.

### **Заключение**

Исследование процесса арбитража цифровых активов представляет собой актуальную научно-практическую задачу. В работе предложено решение данной задачи на основе разработки формальных моделей для ручного и автоматического вариантов выполнения. Бизнес-процесс арбитража цифровых активов был формализован посредством моделей в нотации BPMN. Непосредственное описание процесса реализовано бизнес-моделью в форме «As Is». На основе формы «As Is» была построена модель в форме «To Be». Построенная модель послужила основой для проектирования архитектуры информационной системы,

модели данных, и построения алгоритма нахождения прибыльных вилок.

Дальнейшее развитие задачи исследования процесса арбитража цифровых активов может быть направлено на построение оптимальных алгоритмов поиска вилок, нахождение коммерческих каналов реализации построенных алгоритмов, их применение на практике.

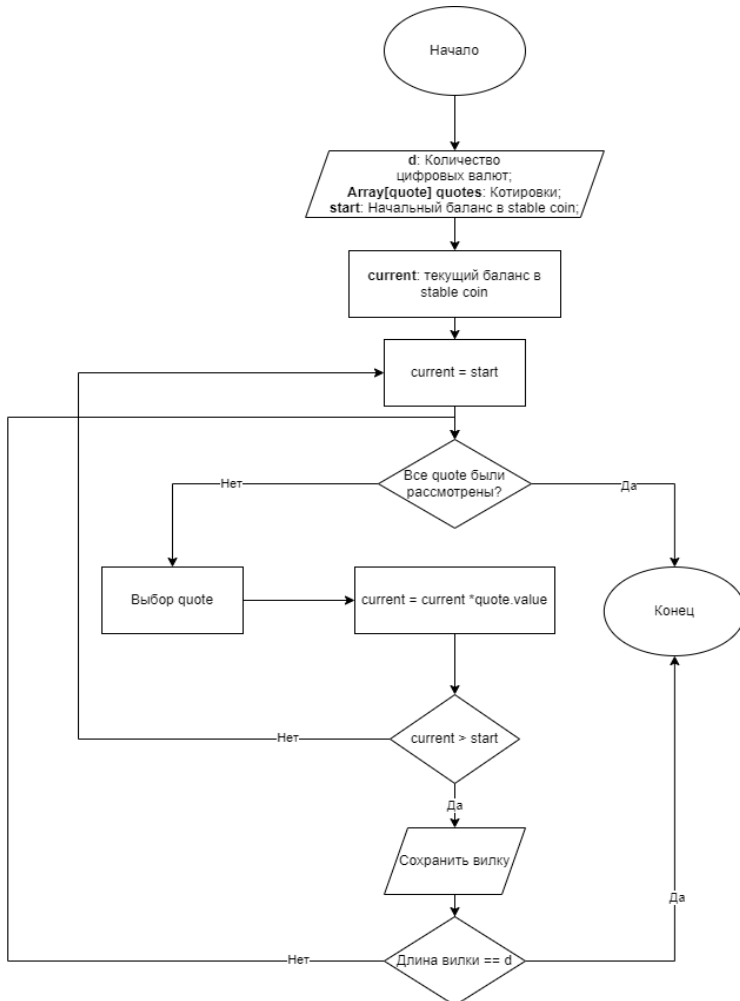


Рис. 8. Алгоритм выявления и сохранения вилок

### Список литературы

1. Криптовалюты [Электронный ресурс] : Tadviser – Интернет-портал – Режим доступа: <https://www.tadviser.ru/a/611202>
2. Гринберг, Э. Crypto Currency [Электронный ресурс] : Forbes, 2011. – Режим доступа : <https://www.forbes.com/forbes/2011/0509/technology-psylocybin-bitcoins-gavin-andresen-crypto-currency>
3. Федеральный закон от 31.07.2020 г. № 259-ФЗ «О цифровых финансовых активах, цифровой валюте и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» // СПС «КонсультантПлюс».
4. Вигерс, К. Разработка требований к программному обеспечению / К. Вигерс, Д. Битти. – СПб. : БХВ-Петербург, 2021. – 736 с.
5. Репин В. Бизнес процессы. Моделирование, внедрение, управление / В. Репин. – М. : Манн, Иванов и Фербер, 2012. – 470 с.
6. Ковалёв, С. Настольная книга аналитика. Практическое руководство по проектированию бизнеспроцессов и организационной структуры / С. Ковалев, В. Ковалев. – М. : 1СПаблишинг, 2021. – 360 с.

## К вопросу оценки эффективности «системы систем»

А. А. Зацаринный, email: AZatsarinny@ipiran.ru

Ю. С. Ионенков, email: UIonenkov@ipiran.ru

Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление»  
Российской академии наук

**Аннотация.** *Доклад посвящен вопросу оценки эффективности применительно к «системы систем» применительно к информационным системам (ИС). Приведено определение «системы систем», рассмотрены признаки и типы «системы систем». Отмечены особенности реализации процессов жизненного цикла в «системе систем». Представлены основные факторы, усложняющие рассмотрение «системы систем» и условия ее эффективного функционирования. С учетом особенностей «системы систем» рассмотрены проблемы оценки ее эффективности и сформулированы предложения по их решению.*

**Ключевые слова:** *система; система систем; системная инженерия; жизненный цикл; эффективность.*

### Введение

В настоящее время наблюдается интенсивное внедрение информационных систем (ИС) различного назначения. При этом наблюдается тенденция к их еще большему усложнению и появлению такого понятия как «система систем».

Это понятие закреплено в ГОСТ Р 57193-2016 [1], который дает следующее определение «системы систем» - это система, элементы которой представляют собой самостоятельные системы. «Система систем» использует интегрированное множество систем для решения таких задач, которые ни одна из составляющих систем не может выполнить самостоятельно.

Система систем - это система, отдельные части которой разрабатывались независимо друг от друга и могут существовать автономно, но в целом представляет собой полноценную целевую систему. Возникновение этого понятия связано с появлением и функционированием ряда отвечающих этому определению систем. Это, прежде всего:

- телекоммуникационные системы («сети сетей»);
- Интернет, как интернет;



- мультимодальные транспортные системы, т.е. системы доставки грузов разными видами транспорта на определенных направлениях;
- «расширенное предприятие», представляющее собой предприятие с переменной, настраиваемой на среду структурой, состоящей из автономных модулей, которые наращиваются в зависимости от объема функций и решаемых задач;
- интегрированные системы управления военного назначения.

В докладе представлены основные характеристики «системы систем», включая признаки таких систем, их классификацию и специфику, а также сформулированы предложения по оценке эффективности «системы систем» применительно к ИС.

### **1. Основные характеристики «системы систем»**

Введение понятия «система систем» является следующей ступенью в эволюции системных подходов в области качества, производительности, эффективности, безопасности, отвечающих растущей сложности продуктов и систем.

Для «системы систем» характерна определенная независимость составляющих систем, которые во многих случаях были разработаны и функционируют в интересах определенных пользователей одновременно с пользователями системы систем.

Каждая из систем, входящих в «систему систем», имеет свое административное управление, цели и ресурсы, которые обеспечивают координацию в пределах системы систем и адаптацию для достижения целей системы систем.

Отличительными особенностями «системы систем» являются [2]:

1. административная независимость её элементов (нет полномочий по указанию, как работать);
2. эксплуатационная независимость её систем-элементов (нет полномочий осуществлять её общее развитие/модернизацию);
3. эмерджентность/системный эффект от объединения в систему (способность получить от целевой системы систем функцию, которую невозможно получить от работы с отдельными входящими в систему систем элементами, и требуется совместная работа этих элементов);
4. эволюционное развитие (понимание того, что будет происходить в системе систем на каждом следующем шаге проекта требует исследований и дополнительных согласований, ибо нет роли, которая знает, как в каждый момент устроена система систем — они ведь все меняются независимо);
5. как правило, географическое распределение входящих систем;

6. динамическая организационная структура, способная реагировать на изменения в окружении и изменения поставленных целей и задач (самоорганизация);

7. реакция структуры «системы систем» на внешние изменения и восприятия среды (адаптация).

В [1] определены четыре типа «системы систем», основанные на отношениях между элементом системы и самой «системой систем» (табл. 1).

Таблица 1

*Типы «системы систем»*

Виртуальная	- отсутствие полномочий для централизованного управления; - отсутствие центрально-согласованных целей; - появляются поведения с относительно неочевидными механизмами для их сопровождения.
Объединенная	- составляющие системы добровольно взаимодействуют для достижения согласованных целей; - коллективно решаются вопросы взаимодействия, объединения усилий и сопровождения стандартов.
Познаваемая	- признанные цели, назначенный руководитель и ресурсы; - составляющие системы сохраняют их независимую собственность, управление и ресурсы.
Руководимая	- система построена и управляема для определенных целей; - управляется и развивается из центра; - составляющие системы поддерживают способности к независимому функционированию; - ресурсы подчинены централизованным целям.

Самые строгие отношения управления относятся к руководимой «системе систем», где у соответствующей организации имеются полномочия над составляющими системами. Несколько менее строгий уровень управления предоставлен для познаваемой «системы систем», где полномочия распределены между составляющими системами. В объединенной «системе систем», которой недостает полномочий по всей системе, применение системной инженерии зависит от взаимосвязей между составляющими системами. Виртуальные «системы систем» в значительной степени самоорганизованы.

Следует отметить, что для каждого из четырех типов процессов применительно к «системе систем» процессы жизненного цикла имеют особенности [1].

Для процессов соглашения составляющие системы, входящие в «систему систем», зачастую не могут быть подчинены целям «системы систем», так как приобретаются и управляются различными организациями. Исключая случай руководимой системы, организации, ответственные за систему систем, не могут решать задачи составляющей системы без сотрудничества с ней. При этом для виртуальной системы процессы соглашения рассматриваются только в целях анализа.

Применительно к процессам организационного обеспечения проекта владельцы систем, составляющих «систему систем», сохраняют ответственность за разработку своих систем и у каждого из них имеются свои процессы организационного обеспечения. На уровне «системы систем» также используются свои процессы организационного обеспечения проекта для планирования, анализа, организации и интеграции существующих и новых систем в «систему систем».

Процессы технического управления также реализуемы на уровне «системы систем» и в составляющих системах. Они применяются со специфическим учетом системной инженерии для «системы систем» при планировании, анализе, организации и интеграции существующих и новых систем в «систему систем». Организации, ответственные за составляющие системы, сохраняют ответственность за их собственные процессы технического управления.

Технические процессы реализуются как для «системы систем», так и для составляющих систем. При этом в ряде случаев эти процессы в большей степени реализуются в составляющих системах.

Таким образом, представленные выше характеристики «системы систем» позволяют сделать следующие выводы о факторах, усложняющих рассмотрение «системы систем», в том числе, и с позиций ее эффективности:

1. децентрализованное управление системой;
2. изменения в технологиях, непредсказуемые потребности пользователей в составляющих системах;
3. новые потребности создают новые возможности, которые требуют дополнительной адаптации элементов и «системы систем»;
4. системы, входящие в «систему систем» могут находиться на различных стадиях жизненного цикла и эти стадии могут отличаться друг от друга;

5. процессы жизненного цикла могут рассматриваться как применительно к «системе систем» в целом, так и для отдельных составляющих систем.

## **2. Проблемы оценки эффективности «системы систем» и подходы к их решению**

Реальное появление систем, относящихся к «системе систем», вызывает необходимость оценки их эффективности.

Следует отметить, что эффективное функционирование «системы систем» в значительной степени зависит от решения следующих вопросов:

1. совершенствования методов управления развитием «системы систем»;

2. повышения уровня интеграции систем, составляющих «систему систем»;

3. внедрения комплекса стандартов в области интероперабельности и эталонных моделей.

Первые два вопроса являются в большей степени организационными, обеспечение же интероперабельности обеспечивается в значительной степени техническими мерами. Интероперабельность играет определяющую роль при создании крупномасштабных систем и их интеграции.

Эффективность системы определяют на множестве показателей. Под показателем понимается характеристика, описываемая количественно и позволяющая оценить свойство этой системы с какой-либо одной стороны [3]. При этом одной из наиболее важных задач является выбор и обоснование номенклатуры показателей системы с точки зрения их влияния на эффективность целесообразно строить путем композиции показателей эффективности отдельных элементов и подсистем с учетом их вклада в общую эффективность системы.

Исходя из особенностей «системы систем» показатели эффективности должны характеризовать как «систему систем» в целом, так и составляющие системы:

$$\mathcal{E}_{cc} = F \{ \mathcal{E}_{\text{общ.}}, \mathcal{E}_{c1}, \mathcal{E}_{c2}, \dots, \mathcal{E}_{cn} \},$$

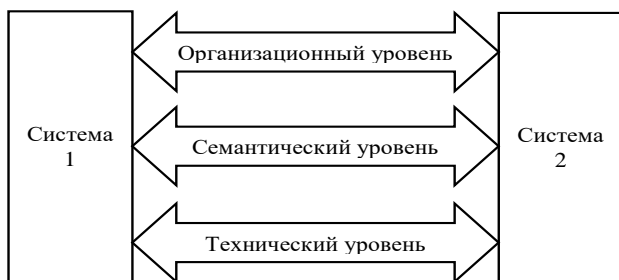
где  $\mathcal{E}_{\text{общ.}}$  – показатель эффективности, характеризующий «систему систем» в целом;  $\mathcal{E}_{cn}$  – показатель эффективности составляющей системы.

Следует отметить, что показатель  $\mathcal{E}_{\text{общ.}}$  характеризует степень интеграции и взаимодействия систем, входящих в «систему систем». При этом наибольшее значение этот показатель имеет для руководимой «системы систем», а для виртуальной системы его значение выражено в наименьшей степени.

При этом для «системы систем» в целом существенное значение приобретают показатели интероперабельности, а также показатели, характеризующие выполнение задач «системы систем».

Под интероперабельностью понимается способность двух или более информационных систем или компонентов к обмену информацией и к использованию информации, полученной в результате обмена [4].

В [5] представлена эталонная модель интероперабельности для системы систем, содержащая следующие виды интероперабельности: организационную, семантическую и техническую (рисунок).



*Рисунок.* Эталонная модель интероперабельности

Семантический уровень описывает информационно-лингвистические, смысловые аспекты взаимодействия, т. е. содержательную сторону обмениваемой информации и ее качество. Семантические барьеры интероперабельности систем должны преодолеваться за счет построения стека открытых прикладных протоколов для каждого типа системы.

Интероперабельность на техническом уровне достигается главным образом за счет использования стандартных технологических решений в области телекоммуникаций, реализацией web-сервисов или промежуточного программного обеспечения.

Таким образом, в качестве показателей эффективности, характеризующих «систему систем» в целом, могут быть предложены:

1. практический показатель интероперабельности (функциональной совместимости) [6];
2. уровень автоматизации взаимодействия составляющих систем;
3. уровень реализации государственных (корпоративных) функций (задач) посредством «системы систем»;
4. количество государственных (корпоративных) услуг, переведенных в электронный вид посредством «системы систем».

Практический показатель интероперабельности определяется экспертным путем как среднее значение в соответствии с пятью значениями уровней зрелости (от 0 до 4) для каждого из четырех аспектов функциональной совместимости (бизнес, процессы, службы и данные) с учетом трех барьеров к реализации функциональной совместимости (концептуальных, технических, организационных). Пример оценки зрелости интероперабельности приведен в табл. 2 [6].

Таблица 2

*Оценка зрелости интероперабельности*

	Концептуальные	Технические	Организационные	Среднее значение
Бизнес-уровни	3	2	2	2,5
Уровни процесса	3	2,5	1	2
Уровни службы	3	3	2	3
Уровни данных	2	3	1,5	2
Суммарный балл				2

Три остальных показателя определяются как динамика (прирост) количества систем, функций, услуг за заданный период времени (как правило – год) по сравнению с предыдущим.

Вопросы выбора и обоснования номенклатуры показателей эффективности для отдельных типов систем, наиболее полно характеризующих конкретную систему, достаточно подробно представлены в [7].

Таким образом, при оценке эффективности «системы систем» необходимо учитывать обобщенные и частные показатели эффективности, характеризующие как «систему систем» в целом, так и отдельные входящие в нее системы.

Применение методического аппарата оценки эффективности применительно к системам, составляющим «систему систем» зависит от их характеристик.

В частности, для «системы систем», составляющие которой построены по одним и тем же принципам и решают близкие функциональные задачи, оценка эффективности этих систем может производиться с использованием одних и тех же показателей и по одинаковым методикам. Оценка же эффективности самой «системы систем» производится на основе взвешенной свертки с учетом важности

каждой из входящих в нее систем и показателей, характеризующих «систему систем» в целом.

Примером такой системы является система распределенных ситуационных центров (СРСЦ) органов государственной власти [8], которая создается в целях обеспечения информационно-аналитической поддержки стратегического планирования и повышения эффективности государственного управления в Российской Федерации, в том числе при возникновении чрезвычайных (кризисных) ситуаций. В состав СРСЦ входят ситуационные центры различных уровней – федерального, ведомственного, регионального и корпоративного, которые рассматриваются как отдельные системы.

В случае же, когда системы, входящие в «систему систем» построены по различным принципам и решают разные задачи, оценка эффективности каждой из систем производится с использованием различных показателей, учитывающих специфику этих систем и, в общем случае, по различным методикам. Обобщенная оценка эффективности самой «системы систем» производится, как и в предыдущем случае. Примером таких систем являются интегрированные системы управления военного назначения.

### **Заключение**

В настоящее время распространено и закреплено в нормативных документах понятие «системы систем», для которой имеется семь отличительных характеристик: эксплуатационная и административная независимость отдельных систем, территориальная распределенность, эмерджентное поведение, эволюционное развитие, самоорганизация и адаптация.

Методы системной инженерии применительно к «системе систем» имеют свою специфику. Главной характеристикой «системы систем» являются непредвиденные эффекты на уровне «системы систем», относимые к сложной динамике взаимодействия составляющих систем. Эффективное функционирование «системы систем» в значительной степени зависит от совершенствования методов управления ее развитием, повышения уровня интеграции составляющих систем и внедрения комплекса стандартов в области интероперабельности.

В докладе рассмотрены основные характеристики «системы систем», включая признаки таких систем, их классификацию и специфику, особенности реализации процессов жизненного цикла. На основе учета особенностей «системы систем» сформулированы предложения по оценке ее эффективности.

### Список литературы

1. ГОСТ Р 57193-2016. Системная и программная инженерия. Процессы жизненного цикла систем [Текст]. – Введ. 2017-11-01. – М.: Стандартинформ, 2016. 98 с.
2. Maier, M.W. 1998. Architecting Principles for Systems-of-Systems. *Systems Engineering*, 1(4), 267-284.
3. ГОСТ 24.702-85. Эффективность автоматизированных систем управления. Основные положения [Текст]. – Введ. 1987-01-01. – М.: Стандартинформ, 2003. 6 с.
4. ГОСТ 55062-2012. Информационная технология. Системы промышленной автоматизации и их интеграция. Интероперабельность. Общие положения [Текст]. – Введ. 2013-09-01. – М.: Стандартинформ, 2018. 12 с.
5. ГОСТ Р 59797-2021. Информационные технологии. Сложные системы. Интероперабельность. Основные положения [Текст]. – Введ. 2022-04-30. – М.: Российский институт стандартизации, 2021. 14 с.
6. ГОСТ Р ИСО 11354-2-2016. Усовершенствованные автоматизированные технологии и их применение. Требования к установлению интероперабельности процессов промышленных предприятий. Часть 2. Модель зрелости для оценки интероперабельности предприятий [Текст]. – Введ. 2017-06-01. – М.: Стандартинформ, 2017. 24 с.
7. Зацаринный, А. А. Оценка эффективности информационно-телекоммуникационных систем / А. А. Зацаринный, Ю. С. Ионенков. – М.: НИПКЦ Восход-А, 2020. – 120 с.
8. Система распределенных ситуационных центров как основа цифровой трансформации государственного управления «СРСЦ-2017». Труды Всероссийского форума, Санкт-Петербург, 25-27 октября 2017 г. [Текст] / Научный совет по информатизации Санкт-Петербурга.– СПб., 2018.– 252 с.



## **Автоматизированная система ситуационного управления как услуга: сервисы мониторинга**

А. А. Зацаринный, email: AZatsarinny@ipiran.ru

А. П. Сучков, email: ASuchkov@ipiran.ru

Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление»  
Российской академии наук

**Аннотация.** *В рамках цифровой трансформации широкое распространение получили информационные системы, функционирующие в облачной среде. Эта тенденция связана с возрастанием спроса на разработку и внедрение автоматизированных систем управления на основе использования типовых технических решений, настраиваемых на конкретные приложения пользователей. Для реализации такого подхода, позволяющего существенно снизить затраты, предлагаются реальные подходы к созданию общедоступной мультисервисной технологии в облачной среде, на основе моделей обслуживания IaaS и DaaS. Такие модели позволяют реализовать с учетом требуемого функционала необходимую инфраструктуру (серверы, хранилища, БД, телекоммуникационные сети) и рабочие места с прикладным программным обеспечением, специализированные под конкретных пользователей. В статье предложены основные подходы к созданию типовой мультисервисной системы ситуационного управления как услуги CSaaS (Control System as a Service) с детализацией решений применительно к группе сервисов мониторинга.*

**Ключевые слова:** *автоматизированная система ситуационного управления; мультисервисная технология; облачная среда; сервисы мониторинга.*

### **Введение**

В настоящее время в рамках цифровой трансформации осуществляются интенсивные процессы развития автоматизированных систем управления для широкого спектра организаций, включая органы государственного управления на различных уровнях. В этих условиях особую значимость приобретает разработка и внедрение типовых технических решений, в том числе системных, инфраструктурных, программных, даже организационных.

Очевидно, что затраты на разработку автоматизированных систем управления с использованием типовых решений могут быть

существенно снижены. Основные затраты потребуются для локализации комплексов прикладного программного обеспечения, реализующих конкретные приложения пользователей.

В [1, 2] предложены основные подходы к созданию мультисервисной унифицированной системы ситуационного управления как услуги CSaaS (Control System as a Service). Основными группами сервисов, реализующих необходимые процессы мультисервисной системы управления являются:

Сервисы локализации системы управления:

- создание и модификация XML-модели данных;
- создание хранилища ситуационных данных;
- настройка баз знаний и аналитики;
- настройка обеспечивающих процессов.

Основные группы сервисов:

- целеполагание системы управления;
- мониторинг контролируемого информационного пространства;
- анализ событий и ситуаций, выработка вариантов решений;
- система поддержки принятия решений;
- реализация решений.

Эти сервисы должны обслуживать основные процессы управления, а также обеспечивающие процессы технологического управления, реализующие функции поддержания инфраструктуры: управление информационными ресурсами, организация информационного взаимодействия, обеспечение информационной безопасности и управление доступом к ресурсам. Все эти процессы подлежат определенной настройке к конкретной предметной области, для этого предназначены сервисы, реализующие процессы локализации (см. рис. 1).

В статье обсуждаются подходы к формированию состава и структуры сенсорной системы управления - сервисов мониторинга.

### **1. Сервисы мониторинга CSaaS**

Ситуационный анализ, реализующий процессы поддержки принятия решений в системах управления, опирается на такие понятия, как событие, обстановка, ситуация, угроза, управление [3]. Ситуация определяется состоянием взаимосвязанных элементов обстановки в контролируемом пространстве; изменения обстановки определяются событиями, образующими некоторые разворачивающиеся во времени, наблюдаемые и регистрируемые потоки. При этом под управлением понимается целенаправленное воздействие органа управления на подчиненные ему или взаимодействующие элементы обстановки (силы, средства, ресурсы).



Рис. 1. Процессы настройки унифицированной системы ситуационного управления [1]

Понятие ситуационного анализа используется в процессах управления, когда возникает необходимость выработки управленческих решений в режиме реального времени в условиях сложной обстановки, складывающейся в отношении контролируемых объектов. Ситуационный анализ обеспечивает на основе событийного мониторинга обстановки идентификацию ситуаций (угроз), слежение за состоянием ситуаций, прогноз сценариев их развития, а также поддержку процесса выработки управляющих воздействий для достижения целевой ситуации (нормализация ситуации).

Для решения задач управления осуществляется мониторинг элементов обстановки, к которым в общем случае можно отнести:

- контролируемые объекты (объекты, определяемые целями управления);
- собственные ресурсы (свои организационные, материальные, технические, финансовые и др. ресурсы);
- противоборствующие ресурсы (силы, средства);
- элементы окружающей среды (природные, техногенные, социальные, политические и экономические факторы контролируемого пространства).

В [2] рассмотрены подходы к построению и детализации одной из основных групп сервисов CSaaS, обеспечивающих создание, ведение и использование системы целеполагания.

Данные процессы реализуются следующими сервисами CSaaS:

- учета и доступа к нормативно-правовым документам, регламентирующим цели функционирования системы управления;
- формирования системы целевых показателей и индикаторов (ЦПИ) системы управления;
- определения критериев оценки ЦПИ всех уровней (пороговые значения и временная привязка), планирования и учета динамических целей;
- формирования перечня объектов мониторинга и источников данных, определение технологий информационного взаимодействия с ними;
- оценки степени реализации целей системы.

Показано, что, формализация целей в виде системы целевых показателей и индикаторов и способов их вычисления, позволяют сформировать объекты мониторинга, определить источники данных и выработать способы взаимодействия с ними. При этом должно осуществляться эффективное автоматическое информационное взаимодействие как на межведомственном уровне, так и на уровне отдельных АИС различной принадлежности. Эффективное автоматическое информационное взаимодействие обеспечивает интероперабельность этих систем, т.е. это способность систем, интерфейсы которых полностью открыты, взаимодействовать и функционировать с другими системами в автоматическом режиме (без вмешательства оператора), что предполагает полную совместимость передаваемых данных.

Интероперабельность систем может достигаться различными путями – созданием адаптеров (сервисов) для преобразования данных «на лету» каждой АИС с каждой или путем унификации самих данных в рамках информационных моделей этих АИС путем внедрения единых моделей данных на корпоративном, региональном и даже на федеральном уровне и соответствующих сервисов ведения единых XML-схем данных, основанных на онтологиях соответствующих предметных областей. Первый путь связан с постоянным дублированием операций преобразования одних и тех же данных, второй – с серьезными затратами на начальном этапе создания единой модели данных. Анализ, представленный в [4] с учетом опыта [5,6], показывает, что второй подход с точки зрения минимизации затрат более эффективен.

На рис.2 представлены сервисы мониторинга унифицированной системы управления.

## 2. Сервисы формирования хранилища CSaaS

Итак, на стадии мониторинга обеспечивается сбор информации об обстановке в контролируемом пространстве и окружающей среде, включая состояние целевых показателей и динамических целей. Мониторинг опирается на сенсорную составляющую системы управления, включая данные взаимодействующих АИС, объективные и субъективные средства наблюдения, а также различные сканеры информационного пространства.

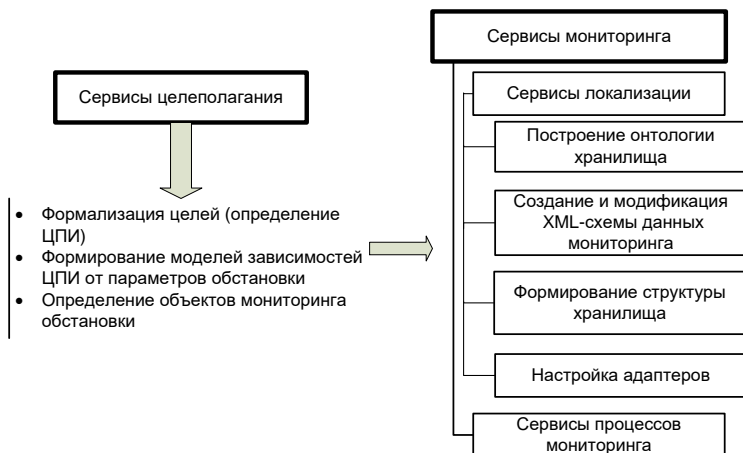


Рис. 2. Сервисы мониторинга унифицированной системы управления

Локализация системы мониторинга включает в себя сервисы ее настройки на конкретную предметную область и формирование соответствующего хранилища событийной информации. Сюда включаются сервисы:

- построение онтологии хранилища;
- создание и модификация XML-схемы данных мониторинга;
- формирование структуры хранилища;
- настройка адаптеров.

Перспективным способом представления частных и общих информационных моделей данных АИС является онтологический подход. Так как в ведомственных и корпоративных системах накоплены значительный объемы информации, то для формирования онтологии хранилища рациональней применять технологи автоматического формирования онтологий на основе инженерии онтологий [7].

Например, в [8] рассматривается процесс автоматического построения онтологии предметной области на основе корпуса текстовых документов на основе итерационного процесса последовательного пополнения онтологии. Данный подход позволяет формировать базовую (начальную) онтологию и, затем, последовательно её пополнять по мере интеграции новых источников данных мониторинга и при изменениях, появляющихся в предметной области. Основные этапы автоматической генерации онтологии, это процессы извлечения объектов предметной области, концептов, то есть терминов, объединяющих множество объектов, а также процесс извлечения семантических отношений и правил для онтологии (см. рис. 3).



Рис. 3. Подход к динамическому формированию онтологии на основе корпуса документов

Другой подход, основанный на лингвистических, статистических и логико-математических методах изложен в [9]. Большое развитие получили также современные методы искусственного интеллекта в области создания и применения семантического инструментария информационно-аналитических исследований с использованием текстовых информационных ресурсов. Подобные исследования проводятся в ФИЦ ИУ РАН, см., например, [10]. При автоматическом формировании онтологий применяются разработанные и апробированные перспективные технологии:

- модели лингвистической семантики;
- реляционно-ситуационный анализ текстов как наиболее перспективная модель формализации семантики высказываний;
- модели дистрибутивной семантики;

– применение векторных представлений семантики слов для решения различных задач текстовой аналитики и информационно-аналитических исследований;

– современные подходы к языковому моделированию.

Для каждого процесса существуют алгоритмы, решающие задачу соответствующего шага генерации онтологии. В рамках процесса извлечения объектов предметной области осуществляется извлечение именованных сущностей и генерация регулярных выражений на основе генетических алгоритмов.

Наиболее адекватной моделью описания онтологии данных мониторинга представляется динамическая семантическая сеть (ДСС), см., например, [11,12].

ДСС состоит из трех групп объектов:

– множество узлов (сущностей) (в данном случае это информационные объекты мониторинга),

– множество связей (отношений) между сущностями (например, «программное обеспечение» – «содержит» – «операционная система»),

– система правил на ДСС;

и включает параметр, отражающий время (обычно дискретный).

Информационные объекты семантической сети обладают атрибутами. Одним из основных атрибутов является «состояние объекта». Тогда событие можно определить, как изменение состояния ДСС и, в частности, состава и состояния объектов. Также атрибутами объектов являются их идентификационные характеристики, позволяющие их однозначно определять.

Следующая группа сервисов локализации процессов мониторинга (создание и модификация XML-схемы данных мониторинга, формирование структуры хранилища) осуществляется с помощью стандартных инструментальных средств на основе полученной структуры ДСС. Для формирования системы адаптеров взаимодействия с источниками данных мониторинга можно использовать любую сетевую модель передачи данных, представленных в цифровом виде. Наборы правил, решающих задачу по передаче данных, составляют стек протоколов передачи данных.

Сервисы процессов непосредственного осуществления мониторинга включают:

– учет объектов мониторинга;

– мониторинг целевых показателей и динамических целей;

– событийный и регламентный сбор данных о контролируемом пространстве;

– мониторинг исполнения принятых решений;

– мониторинг неструктурированной информации: новостных лент, сайтов научных организаций, сайтов взаимодействующих ведомств;

– визуализацию данных мониторинга с индикацией событий и ситуаций в режиме реального времени.

Эти сервисы играют центральную роль в функционировании CSaaS, обеспечивая активизацию всех остальных сервисов системы управления при сканировании контролируемой обстановки и выявлении значимых событий (схема на рис. 4). Зафиксированные в ходе мониторинга события складываются в ситуации, инициирующие процессы их анализа, подключение системы поддержки принятия решений и активизацию сервисов доведения этих решений до исполнителей и последующего контроля их исполнения с возможным формированием динамических целей.

Реализация мультисервисной технологии предполагает наличие у провайдера типовой инфраструктуры системы управления, представляемой пользователю в модели обслуживания IaaS, инструментального и прикладного программного обеспечения, размещаемого на специализированных рабочих местах, доступ пользователя к которым осуществляется в режиме «тонкого клиента».

С точки зрения реализации функционала облачной системы управления в рамках услуги DaaS целесообразно создание специализированных рабочих мест в соответствии с организационной структурой ситуационного центра.

После создания и оснащения инфраструктуры запускаются интерактивные процессы локализации: осуществляется настройка информационной модели предметной области и компонентов системы под нужды заказчика (адаптеры, документооборот, аналитические приложения). Активация системы осуществляется с запуском сервисов мониторинга контролируемого пространства системы управления.

### **Заключение**

Актуальность создания мультисервисных технологий в облачной среде в последние годы резко возросла. Это обусловлено интенсивными процессами цифровой трансформации в сфере государственного управления, а также острой необходимостью повышения эффективности межведомственного информационного взаимодействия в условиях масштабной санкционной политики против России.



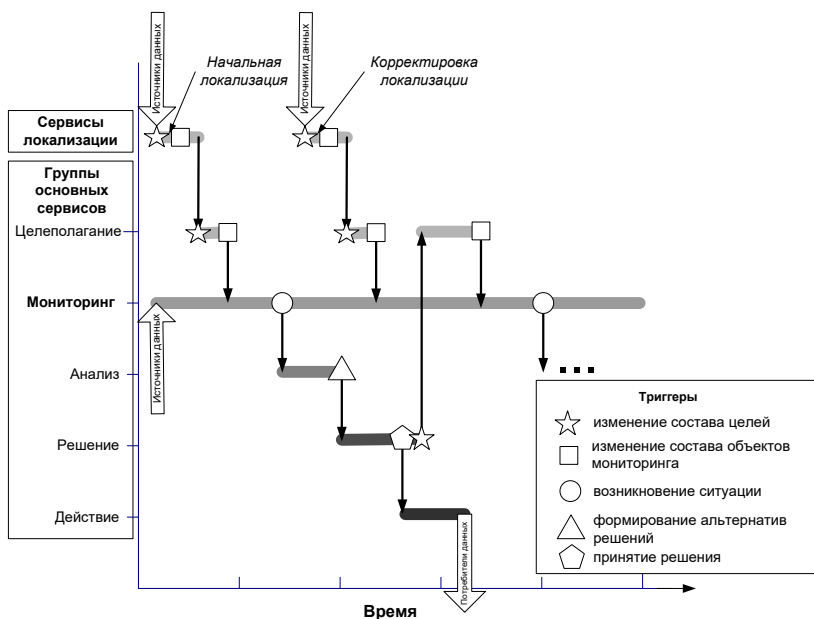


Рис. 4. Интерактивная и событийная активация сервисов CSaaS по данным мониторинга

С учетом этого в статье:

- изложены основные подходы к созданию мультисервисной унифицированной системы ситуационного управления как услуги CSaaS (Control System as a Service);
- дана детализация применительно к одной из основных групп сервисов CSaaS, обеспечивающих мониторинг контролируемой обстановки;
- определены основные процессы, обеспечивающие локализацию и применение сервисов мониторинга CSaaS.

Предложенные в статье подходы к созданию мультисервисной унифицированной системы ситуационного управления как услуги, включая определение объектов мониторинга, источников данных и способы взаимодействия с ними, создают технологическую основу для существенного повышения эффективности процессов создания автоматизированных систем ситуационного управления и их информационного взаимодействия. Дальнейшие исследования в этой серии работ планируется вести в направлении конкретизации аналитической составляющей CSaaS.

## Список литературы

1. Зацаринный, А. А. Система ситуационного управления как мультисервисная технология в облачной среде / А. А. Зацаринный, А. П. Сучков // Информатика и ее применения. – 2018, т. 12. – № 1. – С. 78-88.
2. Зацаринный, А. А. Автоматизированная система ситуационного управления как услуга: сервисы целеполагания / А. А. Зацаринный, А. П. Сучков // сб. тр. участников 4-ой Международной научно-технической конференции "Современные сетевые технологии" (MoNeTec-2022) (Москва, 27-29 октября 2022 г.). – (в печати).
3. Зацаринный, А. А. Некоторые подходы к ситуационному анализу потоков событий / А. А. Зацаринный, А. П. Сучков // Открытое образование. 2012. – № 1. – С. 39-45.
4. Зацаринный, А. А. Информационное взаимодействие в распределённых системах ситуационного управления / А.А. Зацаринный, А. П. Сучков. – М. : ТОРУС ПРЕСС, 2021. – 268 с.
5. National Information Exchange Model [Электронный ресурс] : сайт. – Режим доступа : <https://www.niem.gov/>
6. A European strategy for data, Communication From The Commission To The European Parliament, The Council, The European Economic And Social Committee And The Committee Of The Regions, Brussels, 19.2.2020 COM (2020) 66 final [Электронный ресурс] : сайт. – Режим доступа : <https://www.tadviser.ru/index.php>
7. Обзор инструментов инженерии онтологий [Электронный ресурс] : сайт. – Режим доступа : <http://www.interface.ru/home.asp?artId=33246>
8. Платонов, А. В. Методы автоматического построения онтологий / А. В. Платонов, Е. А. Полещук // Программные продукты и системы / Software & Systems. – 2016. – № 2 (114), С. 47-52.
9. Survey of ontology learning techniques and applications | Data-base | Oxford Academic [Электронный ресурс] : сайт. – Режим доступа : [https://www.researchgate.net/publication/328162943\\_A\\_survey\\_of\\_ontology\\_learning\\_techniques\\_and\\_applications](https://www.researchgate.net/publication/328162943_A_survey_of_ontology_learning_techniques_and_applications)
10. Открытое извлечение информации из текстов. Часть I. Постановка задачи и обзор методов / А. О. Шелманов [и др.] // Искусственный интеллект и принятие решений. –2018. – № 2. – С.47-61
11. Осипов, Г. С. Динамические семантические сети / Г. С. Осипов, Л. Ю. Жилиякова // Научная сессия МИФИ. – 2004. – Т. 3. – С. 16-21.
12. Берштейн, Л. С. Нечеткие динамические семантические сети для представления знаний интеллектуальных систем управления / Л. С. Берштейн, В. Б. Мелехин // Автоматика и телемеханика. – 2000. – № 3, С. 123-129.

## **Применение юридически значимого электронного документооборота с использованием электронной подписи в процессах закупки МТР у внешних контрагентов**

И. В. Илларионов, email: igor.illarionov@gmail.com

Д. В. Венгеров, email: vengerov@gmail.com

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»

**Аннотация.** *В работе описывается бизнес-решения по внедрению технологии электронной подписи и переходу организации на безбумажный, юридически значимый электронный документооборот с применением электронной подписи. Переход будет осуществляться для реализации процесса закупки материально технических ресурсов у внешних контрагентов в системе SAP ERP.*

**Ключевые слова:** *электронный документооборот, электронная подпись, счет-фактура, материально-техническое обеспечение, SAP ERP, управление материальными потоками.*

### **Введение**

Сегодня, во времена бурно развивающихся информационных технологий, непрерывно возрастающего количества информации и усложнения коммуникаций повышается актуальность задач быстрого обмена данными, как между различными компаниями, так и внутри одной организации, а также эффективного поиска нужных документов и возможности доступа к ним.

Быстрое принятие решений, информированность и соблюдение конфиденциальности будет являться безусловным преимуществом любой компании. Системы электронного документооборота дают возможность предприятиям сократить время на работу с документами насколько это возможно. За счет этого подобные системы становятся все более востребованы.

Экономия времени на создание записей в документах на бумажном носителе в процессе деятельности хозяйствующего субъекта позволяет значительно повысить объем и качество результата от проведенной работы этого субъекта.

Данные обстоятельства обуславливают важность и необходимость внедрения на предприятии электронного документооборота и правового регулирования электронной подписи, тем самым предопределяя актуальность выбранной темы настоящей работы.

Целью данной работы является описание бизнес-решения по внедрению технологии электронной подписи и переходу организации на безбумажный юридически значимый электронный документооборот с применением электронной подписи. Переход осуществляется для процесса закупки МТР у внешних контрагентов в системе SAP ERP.

Данное решение предназначено для:

- обеспечения снижения трудозатрат на процесс обработки ПУД;
- сокращения сроков обмена документами;
- сокращения расходов на печать, доставку и хранение документов;
- улучшения работы с рабочим капиталом: сокращение сроков оборачиваемости дебиторской задолженности;
- обеспечения дополнительного уровня информационной безопасности;
- снижения количества технических ошибок в документах (за счет унифицированного формата в системе).

### **1. Исследование бизнес-архитектуры**

Рассмотрим бизнес-процессы группы «Управление материально-техническим обеспечением (МТО)», в частности, процесс закупки МТР у внешних контрагентов (рис. 1).

Контрагент видит заказ на поставку в личном кабинете SAP Portal, на основании которого выполняет отгрузку МТР со склада, формирует Счет-фактуру и другие ПУД, подписывает их и отправляет вместе с товаром (эти документы формируются в бумажном виде и считаются оригиналами). Затем отражает отгрузку в SAP, после чего МОЛ ЦС может увидеть, что и когда ему ожидать на складе.

Сотрудник подразделения МТО формирует Предварительный счет-фактуру в системе на основе заказа на поставку и документов от поставщика.

МОЛ ЦС осуществляет приемку МТР на склад, проверяет соответствие документов и поступивших МТР и формирует Акт о приеме/передаче МТР на хранение. Затем, при отсутствии расхождений, МОЛ ЦС формирует необходимые документы в системе SAP (Входящую поставку/ ППА), в результате чего в системе отражается поступление МТР. В случае наличия расхождений, МОЛ ЦС осуществляет приемку МТР на ответственное хранение и оформляет необходимые документы для отправки поставщику. После всех проделанных действий, МОЛ ЦС передает пакет документов во Фронт-офис для обработки.

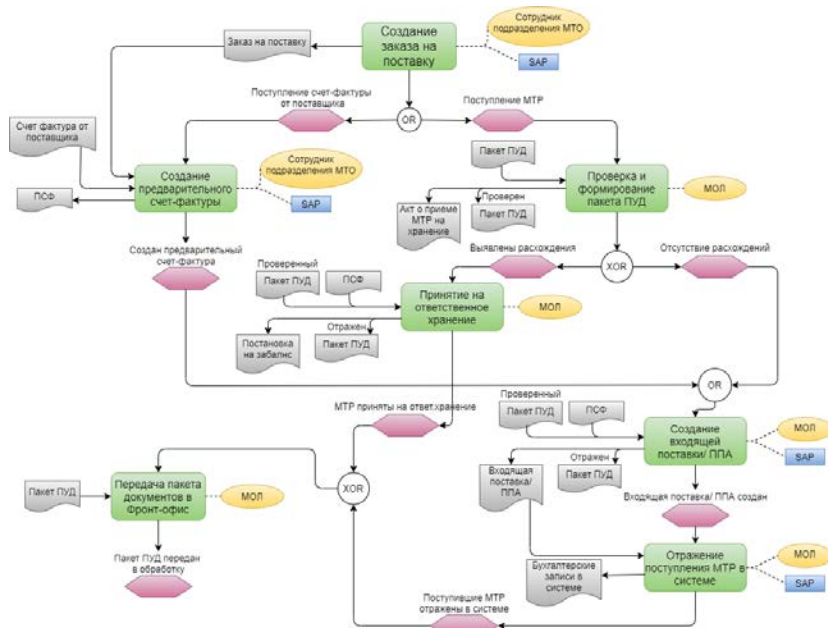


Рис. 1. Схема процесса закупки МТР у внешних контрагентов

В рамках настоящего проектного решения рассматривается порядок реализации процесса по обмену внешними входящими электронными ПУД для следующих видов документов:

Формализованные документы:

- счет-фактура;
- товарная накладная (ТОРГ-12);
- корректировочный/исправительный счет-фактура, товарная накладная (ТОРГ-12);
- УПД вида СЧФ, ДОП, СЧФДОП (этот вид используется в том числе и для исправительных ЭД, которые используются для исправления технических ошибок основного ПУД, если налогооблагаемая база не изменяется);
- УКД вида КСЧФ, ДИС, КСЧФДИС (корректировочные документы, используются для корректировки исходных ЭД, в том случае, когда должна быть изменена налогооблагаемая база – цена, количество, налог, всегда связан с исходным документом вида УПД).

Неформализованные документы:

- транспортные накладные (ТТН, ТН, Ж/Д накладная и т.д.);
- паспорта и сертификаты качества;
- прочая документация, которая может быть предоставлена Контрагентом для сохранения целостности передаваемого пакета документов по поставке МТР.

Формализованный электронный документ — это документ в виде файла с расширением XML, созданного по формату, утвержденному или рекомендованному ФНС.

Неформализованный электронный документ – электронный документ любого формата: doc, xlsx, pdf, jpg и др. В рамках разрабатываемого решения неформализованные документы передаются информационно для обеспечения целостности передаваемого от Контрагента пакета документов, имеют вид «Неформализованный документ» и не требуют подписания с использованием ЭП со стороны Заказчика.

Порядок обработки исправительных и корректировочных документов и отражения соответствующих исправительных и корректировочных операций по учету МТР, необходимые изменения или сторно документов логистической цепочки, FI-документов регламентируются действующим НМД М-13.03.12.04-01 «Порядок отражение исправительных и корректировочных операций по группе процессов «Управление закупками и КЗ» и в рамках проекта не предполагается менять данный порядок. Настоящее проектное решение описывает случаи, в которых может осуществляться обработка корректировочных и исправительных ЭД, а также связь таких документов с другими системными документами.

## **2. Основные технические допущения**

Согласно Приказа ФНС РФ от 20.04.2012 № ММВ-7-6/253@ оператор электронного документооборота (далее Оператор ЭДО) — это организация, обладающая достаточными технологическими, кадровыми и правовыми возможностями для обеспечения юридически значимого электронного документооборота с использованием электронной подписи.

В качестве Оператора ЭДО (в соответствии с основным проектом) рассматривается организация ЗАО «ПФ СКБ Контур» и их система обмена юридически значимыми электронными документами «Диадок». Данный Оператор ЭДО включен в сеть доверенных операторов ФНС России, имеет необходимую лицензию Управления ФСБ РФ № 523 от 16.07.2015 г. на осуществление деятельности по разработке,

производству, распространению шифровальных (криптографических) средств, информационных и телекоммуникационных систем.

Для интеграции между системами SAP ERP и Диадок (в соответствии с основным проектом) используется:

– интеграционный модуль «Контур.ERP Диадок», который реализует функционал обмена файлами на основе документов, сформированных в системе SAP ERP и их передачи по защищенному каналу связи (по протоколу HTTPS).

– модуль «Контур.ERP Крипто (SSF)», который обеспечивает возможность использования ЭП для обмена входящими/исходящими документами. Данный компонент используется в варианте подписания документов на рабочем месте с использованием стандартной технологии SSF SAP ERP.

Диаграмма интеграции бизнес-систем приведена на рис. 2.

Основные данные пользователей; подписантов, обладающих правом использования ЭП; организаций системы Диадок в привязке к БЕ ведутся в системе SAP ERP САПФИР в соответствии с основным проектом в следующих транзакциях (без внесения каких-либо изменений): ZDDK\_USER, ZDDK\_MY\_ORGANIZATION, ZDDK\_CONTRACTORS, ZDDK\_USERS\_INFO.

### 3. Статусы обмена ЭД

Для возможности работы с входящими ЭД в системе SAP ERP, в соответствии с основным проектом, используется стандартное решение SAP по локализации для РФ. В соответствии с данным решением каждый входящий ЭД, полученный от Оператора ЭДО, включая корректировочные и исправительные ЭД сохраняется в существующие таблицы J\_3RF\_RGTOrg\_IN, J\_3RF\_REGINV\_IN системе SAP ERP САПФИР в качестве отдельного объекта (вида J\_3RF\_REGINV\_IN-SRC\_TYPE=5)

«Счет-фактура (УПД)» или 6 «Счет и передаточный документ (УПД)» или 10 «Счет-фактура (820 приказ) или 11 «Счет и передаточный документ (820 приказ)»; J\_3RF\_RGTOrg\_IN-SRC\_TYPE=7 «Передаточный документ (УПД)» или 12 «Передаточный документ (820 приказ)» и имеет технические статусы обмена между системами SAP ERP САПФИР и Диадок (J\_3RF\_RGTOrg\_IN-DOC\_STATUS; J\_3RF\_REGINV\_IN-DOC\_STATUS).

Для каждого ЭД можно сформировать уведомление об уточнении Контрагенту (текстовое описание выявленных несоответствий, например, неверные реквизиты в переданных ЭД документах, несоответствия, выявленные при приемке МТР и т.д.), которое должно быть подписано с использованием ЭП и отправлено Контрагенту через

систему Диадок. Данные действия в ЭД отражаются в виде статуса уточнения.

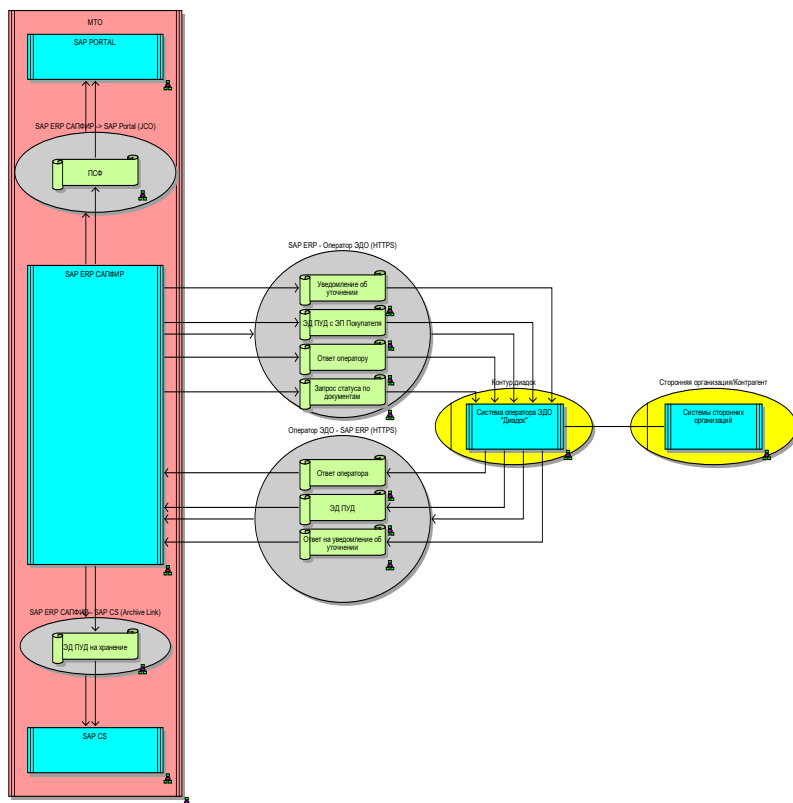


Рис. 2. Диаграмма интеграции бизнес-систем

Для ЭД вида Товарная накладная (ТОРГ-12), УПД ДОП, УПД СЧФДОП, для корректировочных документов ДИС, КСЧФДИС, необходимо создать подтверждение покупателя (титул продавца), которое должно быть подписано с использованием ЭП и отправлено Контрагенту через систему Диадок. Данные действия в ЭД отражаются в виде статуса подтверждения. Получение входящих электронных документов Контрагента, отправленных через систему Диадок, выполняется в системе SAP ERP с помощью существующей транзакции ZDDK\_UPDATE\_BOX «Обновить ящик». Данная транзакция должна быть запланирована для фонового запуска (выполняется в рамках



основного объема проекта под техническим пользователем В\_GPN\_ED\_IND, под которым будет запланирован фоновый запуск, а также само планирование фонового задания по всем БЕ с периодичностью 10 минут).

Отправка всех уведомлений Контрагенту (технические извещения о получении ЭД, уведомления об уточнении, уведомления о подтверждении приемки ЭД и т.д.) должна осуществляться через систему Диадок. Для этого в системе SAP ERP САПФИР используется существующая транзакция ZEDO\_TECH\_OUT «Обработка исходящих файлов ЭДО».

### **Заключение**

Описанное решение находится на этапе ввода в эксплуатацию на предприятии. Решение универсально и подобные разработки могут быть внедрены в других организациях, работающих на базе системы SAP ERP.

Несомненно, в данной работе не был полностью охвачен документооборот предприятия в процессе управления МТО. Такие документы как Первичный приемный акт, Приходный ордер, Акт о приемке материалов и т.д. все еще оформляются в бумажном виде и окончательный эффект от внедрения электронного документооборота на предприятии можно будет оценить только после полного отказа от оформления бумажной документации в данных процессах. Но уже сейчас можно объективно сказать, что благодаря внедрению ЭДО сократились сроки обмена документами, был обеспечен дополнительный уровень информационной безопасности, а также снижено количество технических ошибок в документах.

### **Список литературы**

1. Электронный документооборот: оптимизация бизнес-процессов компании [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.garant.ru/actual/dokumentoorobot/>
2. Шульц, О. Практика SAP. Руководство для новичков и конечных пользователей / О. Шульц. – СПб.: Эксперт РП, 2012. – 416 с.
3. Gattona, J. L. Managing the Supply Chain. A Strategic Perspective / J.L Gattona, D. W. Walters. – London.: Macmillan Business. 1996. – 177 с.
4. Гаврилов, Д. А. Управление производством на базе стандарта MRP II / Д.А. Гаврилов. – СПб: Питер, 2002. – 320 с.
5. Дикерсбах, Й. Т. Планирование и управление производством с помощью решений SAP ERP / Й.Т Дикерсбах, Г. Келлер. – СПб.: Эксперт РП, 2011. – 610 с.
6. Коверт Д. SAP ERP. Построение эффективной системы управления / Д. Коверт. – М.: Альпина Пабlishер, 2008. – 356 с.

## **Разработка системы подбора аналогов для замены материалов в SAP ERP**

И. В. Илларионов, email: igor.illarionov@gmail.com

М. А. Панарьин, email: pean@gmail.com

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»

**Аннотация.** *В данной работе рассматривается один из вариантов повышение эффективности закупочного процесса в SAP ERP за счет автоматизации операций подбора МТП - аналогов. Оценены экономические выгоды при покрытии потребности из запасов (свободный, НВИ) при помощи МТП-аналогов.*

**Ключевые слова:** SAP, ERP, материально-техническое снабжение, подбор аналогов.

### **Введение**

По мере роста бизнеса многие компании приходят к пониманию необходимости использования ERP-систем. Если в малом бизнесе удастся обойтись без этого инструмента, то средний бизнес с каждым днем активнее пользуется подобными средствами. Крупным компаниям, чтобы выжить в конкурентной среде становится просто необходимо делать внутренние бизнес-процессы оптимальными, снижать себестоимость продукции и повышать привлекательность предприятия для инвесторов.

Главным назначением ERP-систем является автоматизация взаимоувязанных процессов планирования, учета и управления по основным направлениям деятельности компании. Таким образом, когда идет речь о ERP-системах, подразумеваются автоматизированные системы, позволяющие эффективно решать сложные комплексные задачи, включая оптимальное распределение бизнес-ресурсов, обеспечение быстрой и эффективной доставки товаров и услуг потребителю.

Далее рассматривается проблема, возникающая при принятии решения о разработке системы подбора аналогов для замены материалов, ввиду отсутствие необходимой функциональной составляющей в системе SAP ERP. Как результат предполагается повышение эффективности закупочного процесса за счет автоматизации

операций подбора МТР-аналогов, ускорения процесса закупки материалов, повышения эффективности взаимодействия с информацией внутри SAP ERP.

Для достижения поставленной цели необходимо:

- Разработать инструменты формирования узловых материалов технической политики в формате оцифрованных опросных листов (ТОЛ – типовый опросный лист).

- Разработать инструменты подбора МТР-аналогов в каталогах производителей по заданным требованиям обезличенной потребности

- Разработать инструменты подбора МТР-аналогов в запасах (свободный, НВИ) по заданным требованиям обезличенной потребности

- Доработать целевую бизнес-модель процесса роботизированных закупок МТР в части автоматизированного подбора замен по результатам внедрения ИТ-решения

Предлагаемая система, может быть использована для любых организаций с похожей структурой.

### **Интеграционное решение для системы подбора аналогов.**

#### **Архитектура бизнес-решения компании**

Рассмотрим существующее бизнес-решение «Материально-техническое обеспечение» (МТО). Под ним понимается процесс обеспечения предприятия всеми видами материальных и технических ресурсов в сроки и в объёмах, необходимых для бесперебойного осуществления его производственной деятельности.

На предприятиях функции материально-технического обеспечения осуществляются отделами ОМТС (отделом материально-технического снабжения или службой МТО — службой материально-технического обеспечения), которыми планируются, контролируются, регулируются и осуществляются оптовые закупки, транспортировка, складская переработка, хранение и отпуск в производство материальных и технических ресурсов. Архитектура решения компании, для которой разрабатывается система подбора аналогов, описывающая прикладные платформы, на которых построены бизнес-системы, входящие в бизнес-решение, а также интеграционные взаимосвязи между компонентами бизнес-систем представлена на рис. 1

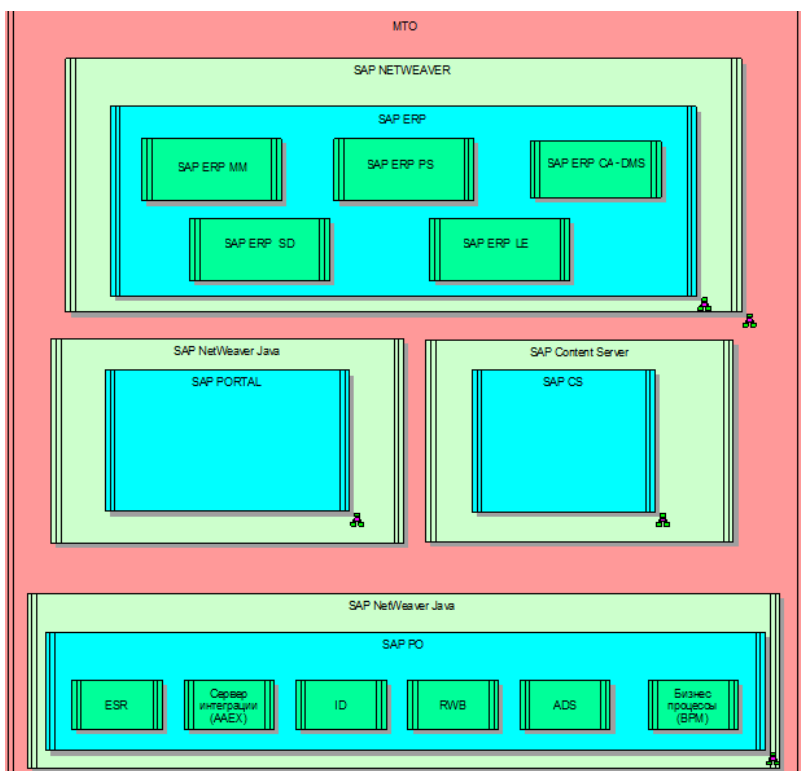


Рис. 1. Диаграмма архитектуры бизнес-решения компании

Доработка основана на функционале модуля SAP MM: управление материальными потоками.

### Процесс формирования потребности

Главной целью планирования потребности в материалах является обеспечение гарантии наличия необходимого количества требуемых материалов в любой момент времени в рамках срока планирования.

Одна из основных функциональных возможностей SAP MM - планирование потребности в материалах (ППМ) (рис. 2). Она является центральной функцией планирования производства, обеспечивающей доступность материала.



Рис. 2. Планирование потребности в материалах

Для планирования необходима вся информация по запасам материалов, в том числе зарезервированным, чтобы рассчитать объемы закупок или производства.

При этом ППМ стремится к соблюдению наилучшего возможного баланса между

- оптимизацией уровня обеспеченности поставки
- минимизацией затрат и помещением капитала в неликвидные активы.

Компонент ППМ упрощает и облегчает работу плановиков в сфере их ответственности. Плановик отвечает за все операции, относящиеся к определению сроков, видов и объемов потребностей; он также должен обеспечивать расчет сроков и количеств при создании проектов заказов на поставку, покрывающих данные потребности. Для расчета количеств ему необходима вся информация по запасам, зарезервированным запасам и запасам по заказу, а для расчета сроков - вся информация по времени подготовки и срокам заготовки. При создании проектов заказов на поставку плановик определяет подходящее ППМ и метод расчета размера партии по каждому материалу.

Одной из функций системы подбора аналогов является параметризация материалов, которая позволит закупщику оптимально выбирать альтернативные типы оборудования (аналоги) для производственных технических систем на этапе формирования потребности в МТР.

## Реализация проекта

Для определения требований к создаваемой системе в целом создано дерево бизнес-требований (рис. 3):

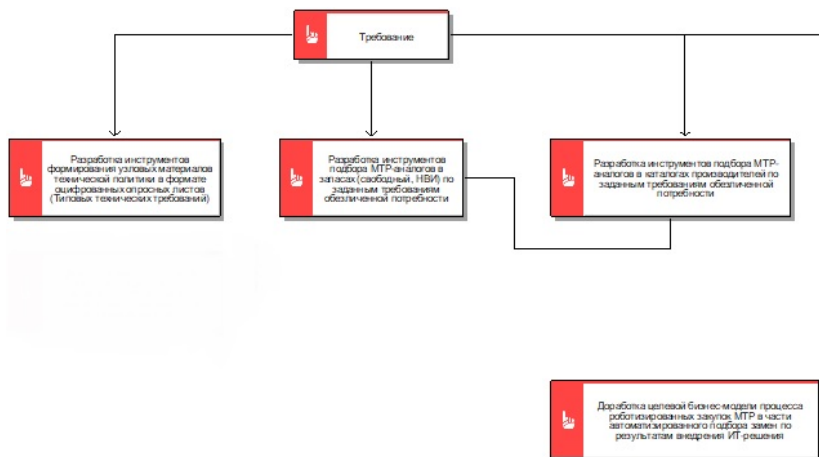


Рис. 3. Дерево бизнес-требований

На основе которых определены функциональные требования системы управления поставщиками (таблица):

Таблица

### Функциональные требования

Наименование функции	Описание функции
Поиск ранее созданных ЦПМ	При формировании конкретной потребности в МТР в SAP ERP должна быть реализована функция поиска по значениям параметров ранее созданных ЦПМ в контексте заданного ГТТ
Формирование потребности в МТР	Должна обеспечиваться возможность формирования сотрудником службы Главного специалиста позиции заявки вида UB с ЦПМ в SAP ERP. Должен выполняться автоматизированный подбор замен по параметрам из перечня ЦПМ

Наименование функции	Описание функции
Автоматизированный подбор замен по параметрам	Должна быть реализована функция подбора замен по заданными в потребности. Замены подбираются в ЦПМ.
Доработка функционала подбора замен в запасах (свободный, НВИ)	Должен быть доработан функционал подбора замен в запасах (свободный, НВИ) в транзакции ZINMM019 «Согласование заявок подразделений»: реализация возможности поиска запасов по заданным требованиям конкретной потребности

Модель реализации предметной области решения в виде диаграммы «сущность-связь», отображающая логические модели данных, обрабатываемые бизнес-системой (рис. 4).

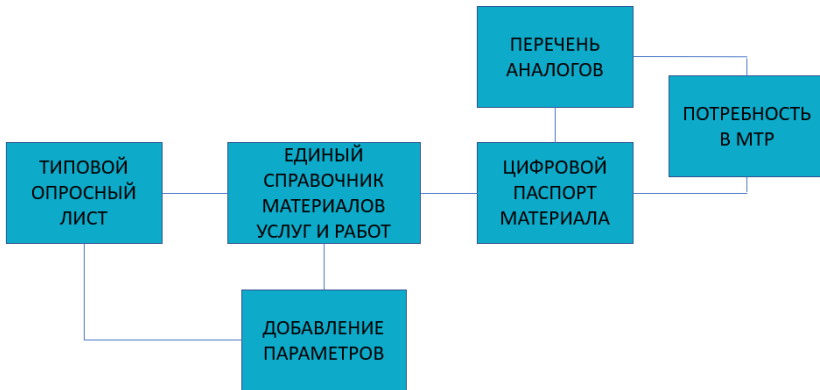


Рис. 1. Диаграмма «Сущность-связь» логической модели данных, обрабатываемой бизнес-системой SAP ERP

На основании диаграммы построена матрица соответствия сущностей (рис. 5), описывающие взаимосвязь сущностей предметной области и сущностей, обрабатываемых бизнес-системами (бизнес-объектов).

Для формирования ТОЛ и просмотра ЦОЛ разработана транзакция ZINMM121 «Формирование базы ТОЛ».

Запуск производится для закупочной организации 1000 без возможности изменения. Запуск в режиме редактирования для доступен

только по одной закупочной организации. При запуске выборки выполняется проверка полномочий на объект.

<div style="text-align: center;"> <p>Бизнес-сущности</p> <hr/> <p>Системные сущности</p> </div>		Единый классификатор МТР	Заявка на добавление свойств класса ЕК МТР	МТР-аналоги для замен	ОЗМ	Опросный лист потребности	Потребность в МТР	Типовой опросный лист	Типовые технические требования
	ЕК МТР								
	Заявка на добавление параметров								
	Потребность в МТР								
	Ранжированный перечень аналогов								
	ТОЛ								
	ЦПМ								

Рис. 2. Матрица соответствия сущностей бизнес-системы SAP ERP

Для формирования ТОЛ Специалист НТЦ/Эксперт Группы НСИ запускает транзакцию ZINMM121 «Формирование базы ТОЛ». Заполняет необходимые данные на селекционном экране, активирует чекбокс «Редактировать» и запускает выборку по кнопке

В ALV-формат выгружаются данные, если на селекционном экране активирован чекбокс «Позиции». Для перехода к формированию ТОЛ нажимает кнопку «Создать». В появившемся окне указывает ручную или выбирает из средства поиска класс материала (обязательный ввод); наименование генерируется (обязательный ввод); при необходимости указывает НМД. По классу материала определяется и выводится перечень свойств (таблица CABN через таблицу KSML).



## **Разработка параметризованного средства поиска системы подбора аналогов для замены материалов**

Для формирования возможности поиска параметризованных материалов разработано средство поиска «Поиск материалов по свойствам (СПАЗМ)», программа ZINMM\_SZM\_GET\_MTR.

При запуске формируется первый экран, на котором указываются:

- Класс материала (KLASSE\_D);
- Завод (WERKS\_D) – ограничивает выборку в таблице MARC, т.е. найденный материал должен быть в MARC;
- Обезличенная позиция (ZINMM\_NOPERS) – по умолчанию X (т.е. MARA-ZZNOPERS= X);
- Только удаленные – по умолчанию = пусто (т.е. MARA-LVORM=пусто);
- Без заблокированных – по умолчанию X (т.е. MARA-MSTAE / MARC-MMSTA=пусто);
- Вид класса (KLASSENART) – по умолчанию 001, неизменяемо.

Для формирования потребности в МТР используется существующий интерфейс создания заявок, используемый в бизнес-решении МТО, доработанный функциями автоматизированного подбора замен к позиции потребности. Доработана программа ZINMM\_EBAN\_CREATE.

Сотрудник службы Главного специалиста запускает транзакцию ZINMM017 «Ввод заявки» (SAP ERP).

Для закупочных организаций, входящих в опцию выбора ZINMM\_SPAZM\_EKORG таблицы TVARVC, в транзакции ZINMM017 на панель блока позиций добавляется кнопка функциональности «ЦОЛ».


Реализован расширенный подбор замен, предусматривающий подбор замен посредством средства поиска «Поиск материалов по свойствам». Сотрудник службы Главного специалиста определяет свойства и их значения, по которым планирует поиск ЦПМ. По каждому из найденных ЦПМ доступен подробный анализ данных параметризации. Отмеченные ЦПМ добавляются в перечень замен.

Процесс сохранения потребности выполняется в соответствии с бизнес-решением МТО.

После сохранения заявки на основании выбранного ЦПМ или при наличии шаблона ЦОЛ формируется запись ЦОЛ, имеющая в заголовке записи ссылку на сформированную позицию заявки УВ.

Для обработки потребности в МТР в части покрытия потребности за счет имеющихся запасов используется существующий функционал согласования, используемый в бизнес-решении МТО, доработанный

функциями автоматизированного подбора замен к позиции потребности. Доработаны программы ZINMM\_EBAN\_ACCEPT\_UB и ZINMM\_RESB\_CREATE\_HDB.

Сотрудник службы Главного специалиста запускает транзакцию ZINMM019 «Согласование заявок подразделений» (SAP ERP), заполняет селекционный экран необходимым данными и запускает выборку по кнопке . В ALV-формат выгружаются позиции заявок UB. Далее выполняет попозиционный анализ доступности свободного запаса, НВИ в закупающем ДО и в ДО, включенных в периметр АИС «Управление запасами», а также среди перечня МТР-аналогов:

При наличии доступного запаса по кнопке «Создать резервирование» открывается транзакция ZINMM010 «Распределение запасов» (режим «Распределить по мероприятиям»).

Выполненная доработка заключается в изменении источника данных по МТР-аналогам: в ALV-формат выгружаются позиции запаса МТР-замен согласно сохраненному перечню при формировании потребности в МТР. Перечень МТР-замен формируется согласно существующей таблице ZINMM\_EBAN\_SUB «Материалы-аналоги позиции заявки»:

Сотрудник службы Главного специалиста в соответствии с существующей процедурой бизнес-решения МТО формирует резервирования на покрытие потребности.

### **Заключение**

В работе разработаны инструменты формирования узловых материалов технической политики в формате оцифрованных опросных листов (ТОЛ), инструменты подбора МТР-аналогов в каталогах производителей по заданным требованиям обезличенной потребности, инструменты подбора МТР-аналогов в запасах (свободный, НВИ) по заданным требованиям обезличенной потребности.

Таким образом была достигнута основная цель проекта, а именно повышение эффективности закупочного процесса за счет автоматизации операций подбора МТР - аналогов.

### **Список литературы**

1. Шульц, О. Практика SAP. Руководство для новичков и конечных пользователей / О. Шульц. – СПб.: Эксперт РП, 2012. – 416 с.
2. Gattona, J. L. Managing the Supply Chain. A Strategic Perspective / J.L. Gattona, D. W. Walters. – London.: Macmillan Business. 1996. – 177 с.
3. Гаврилов, Д. А. Управление производством на базе стандарта MRP II / Д.А. Гаврилов. – СПб: Питер, 2002. – 320 с.
4. Дикерсбах, Й. Т. Планирование и управление производством с помощью решений SAP ERP / Й.Т Дикерсбах, Г. Келлер. – СПб.: Эксперт РП, 2011. – 610 с.
5. Коверт Д. SAP ERP. Построение эффективной системы управления / Д. Коверт. – М.: Альпина Паблишер, 2008. – 356 с.

## Поддача цифрового технического предложения

И. В. Илларионов, email: igor.illarionov@gmail.com

А. И. Фадеев, email: fadeevai@gmail.com

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»

**Аннотация.** В данной работе рассматривается реализация Fiori-приложения по подаче цифрового технического предложения (ЦТП) в формате цифрового опросного листа (ЦОЛ) в системе SAP ERP с целью улучшения процесса закупок.

**Ключевые слова:** SAP ERP, Fiori, процесс закупок, цифровое техническое предложение.

### Введение

Целью работы является улучшение процесса закупок путем реализации Fiori-приложения по подаче цифрового технического предложения (ЦТП) в формате цифрового опросного листа (ЦОЛ) в системе SAP ERP. Подобный функционал отсутствует в SAP ERP.

Объектом автоматизации являются процессы планирования МТО, процесс организации и проведения процедур выбора поставщиков МТР и процесс контрактации. ЦОЛ как атрибут заявки принимает участие (как ссылка) в процессе электронного согласования заявок на закупку для согласования Специалистом по планированию, Сотрудником службы Главного специалиста, Специалистом по закупке. В случае наличия ЦОЛ прикрепляется к комплекту документов, направляемому Поставщику вместе с шаблоном оферты. Поставщик заполняет ЦТП в формате ЦОЛ. Специалист по закупке инициирует техническое согласование ЦТП, направляя ИТТП Сотруднику службы Главного специалиста с возможностью дополнительного согласования Сотрудником проектной организации. В Аналитической справке отражается ссылка на ЦТП победителя. Специалистом по закупке ЦОЛ включается в состав комплекта договорных документов (приложением к приложению), направляемого на подписание ЭЦП.

Реализация системы осуществляется на базе программного обеспечения SAP (с использованием бизнес-систем SAP ERP, SAP Enterprise Portal, SAP Content Server).

В работе используется следующая терминология:

– Цифровое техническое предложение (ЦТП) - техническое предложение поставщика, поданное в формате ЦОЛ в SAP Portal.

- Цифровой опросный лист (ЦОЛ) - сущность, содержащая свойства и значения материала, указанного при формировании потребности в МТР/спецификации проекта.
- МТР - материально-технические ресурсы
- МТО- материально-техническое обеспечение
- Типовой опросный лист (ТОЛ) - набор параметров технической политики или типовых технических требований (оцифрованный типовой опросный лист) для класса материалов
- Итоговая таблица технических предложений (ИТТП)- перечень ЦТП, переданных специалистом по закупке на согласование технических предложений сотруднику службы Главного специалиста
- Цифровой паспорт материала (ЦПМ) - расширение основной записи материала набором параметров, описывающим технические характеристики МТР.

### **1. Анализ бизнес-процессов**

Детальная схема бизнес-процессов выглядит следующим образом:

1. Планирование потребности в МТР
2. Планирование материально- технического обеспечения (МТО)
3. Организация и проведение процедур выбора поставщиков МТР
4. Закупка обезличенных позиций справочника МТР
5. Подготовка, согласование, подписание электронной подписью и регистрация типовых договорных документов
6. Подготовка, согласование, подписание, в том числе электронной подписью, и регистрация типовых и нетиповых договорных документов на поставку МТР и ИТ-оборудования в рамках договоров поручения

Исходя из представленной последовательности, становится понятно, что “Поддача ЦТП” должна внедряться на 3 этапе “Организация и проведение процедур выбора поставщиков МТР”, потому что для того чтобы появилась возможность выбора поставщиков, нужно получить список этих поставщиков и их технические предложения.

Архитектура полномочий в системах SAP построена на ролевой модели разграничения доступа (табл. 1).

Далее строятся диаграммы «сущность-связь» (рис. 1, 2), отображающие логические модели данных, обрабатываемые бизнес-системой, и матрицы соответствия сущностей (рис. 3,4), описывающие взаимосвязь сущностей предметной области и сущностей, обрабатываемых бизнес-системами (бизнес-объектов).

Таблица 1

*Рольевая модель разграничения доступа*

Функциональная роль	Описание роли
Сотрудник службы Главного специалиста	Просмотр ЦОЛ при согласовании заявок подразделения Просмотр ЦОЛ при электронном согласовании заявок на закупку и корректировок Согласование ЦТП
Сотрудник проектной организации	Согласование ЦТП
Сотрудник службы управления запасами	Просмотр ЦОЛ при согласовании заявок подразделения
Специалист по планированию поставок	Просмотр ЦОЛ при согласовании заявок подразделения Просмотр ЦОЛ при электронном согласовании заявок на закупку и корректировок
Специалист по закупкам	Просмотр ЦОЛ при электронном согласовании заявок на закупку и корректировок Рассылка оповещений поставщикам для участия в электронном редукционе Согласование технических предложений Отправка договорных документов, включая PDF-форму ЦОЛ
Поставщик	Подача ЦТП в формате ЦОЛ

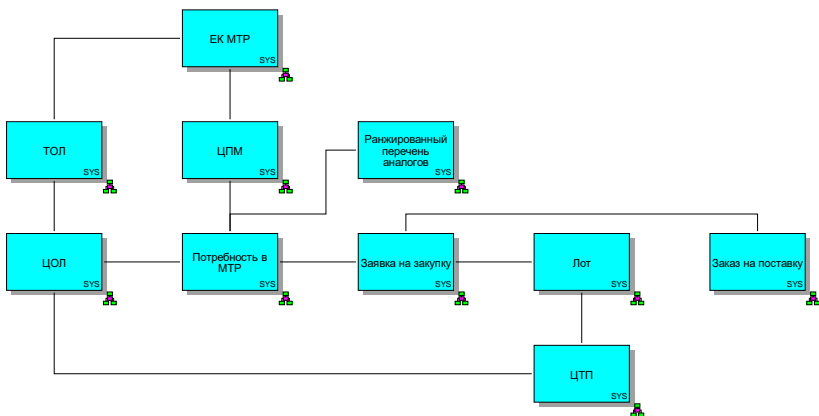


Рис. 1. Диаграмма «Сущность-связь» логической модели данных, обрабатываемой бизнес-системой SAP ERP.

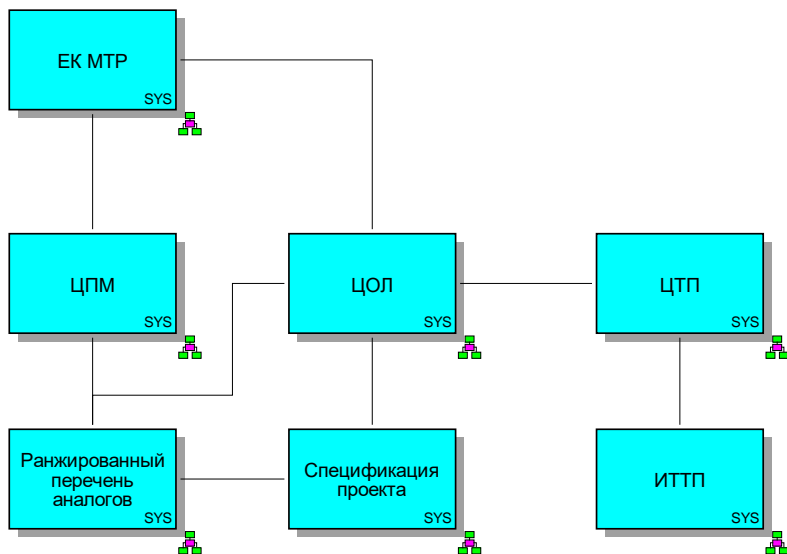


Рис. 2. Диаграмма «Сущность-связь» логической модели данных, обрабатываемых бизнес-системой SAP Enterprise Portal

<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <span>Бизнес-сущности</span> <span>Системные сущности</span> </div>		Единый классификатор МТР	МТР-аналоги для замен	ОЗМ	Опросный лист потребности	Потребность в МТР	Типовой опросный лист	Типовые технические требования	Заявка на закупку МТР	Оферта на закупку МТР	Техническое предложение Поставщика МТР	Приложение к договору
		<input type="checkbox"/> ЕК МТР		↗								
<input type="checkbox"/> ГОЛ												
<input type="checkbox"/> ЦПМ				↗								
<input type="checkbox"/> Ранжированный перечень аналогов			↗									
<input type="checkbox"/> ЦОЛ				↗								
<input type="checkbox"/> Потребность в МТР					↗							
<input type="checkbox"/> Заявка на закупку								↗				
<input type="checkbox"/> Лог									↗			
<input type="checkbox"/> ЦТП										↗		
<input type="checkbox"/> Заказ на поставку											↗	

Рис. 3. Матрица соответствия сущностей бизнес-системы SAP

<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <span>Бизнес-сущности</span> <span>Системные сущности</span> </div>		Единый классификатор МТР	МТР-аналоги для замен	ОЗМ	Опросный лист потребности	Техническое предложение Поставщика МТР	Спецификация проекта	Итоговая таблица ТП
		<input type="checkbox"/> ЕК МТР		↗				
<input type="checkbox"/> ЦПМ				↗				
<input type="checkbox"/> Ранжированный перечень аналогов			↗					
<input type="checkbox"/> ЦОЛ					↗			
<input type="checkbox"/> ЦТП						↗		
<input type="checkbox"/> Спецификация проекта							↗	
<input type="checkbox"/> ИТП								↗

Рис. 4. Матрица соответствия сущностей бизнес-системы SAP Enterprise Portal

В рамках решения по реализации системы подбора аналогов для замены материалов используются справочники, перечисленные в перечне справочников НСИ (табл. 2).

Таблица 2

*Перечень справочников НСИ*

Справочник	Описание	Система
Справочник материалов	Системный справочник. Ведется централизованно и публикуется в SAP ERP	SAP ERP
Справочник классов материала	Системный справочник. Ведется централизованно и публикуется в SAP ERP	SAP ERP
Справочник свойств класса ЕК МТР	Системный справочник. Ведется централизованно и публикуется в SAP ERP	SAP ERP

## 2. Реализация

Подача ЦТП представляет собой указание и сохранение значений параметров в формате ЦОЛ. В том случае, если материал поставлялся ранее, у Поставщика имеется возможность выбрать материал из списка предварительно согласованных материалов-заменителей без точных указаний значений поставляемого материала (параметризированный подбор материалов-заменителей ранее был реализован в рамках проекта, материалы-заменители указываются и согласовываются на этапе формирования потребности или на этапе подготовки спецификаций проектной организацией) – заполнение выполнится автоматически.

После поступления уведомления о необходимости подачи ЦТП Поставщику необходимо найти лот, по позициям которого требуется подача ЦТП, в существующем приложении «Заявки на участие в процедуре» в личном кабинете Поставщика.

После выбора номера лота Поставщику отобразится список доступных позиций, по которым требуется подача ЦТП. Поставщик выбирает позицию лота и переходит на разрабатываемый экран подачи ЦТП. В виде таблицы отображается перечень свойств ЦОЛ, их значений и столбец «Техническое предложение» для ввода значений ЦТП. В правой верхней части экрана отображается подробная информация по позиции лота: код материала, краткое наименование, класса материала, БЕИ, НТД. Если материал-замена не параметризирована, поля значений свойств не заполняются. У Поставщика доступен набор функций при подаче ЦТП:



- сохранение ЦТП;
- поиск МТР-аналога для предварительного заполнения ЦТП;
- параметризованное средство поиска материалов
- просмотр перечня материалов-заменителей

Экран для подачи технических предложений автоматически заполняется значениям свойств из ЦОЛ. Отличные от ЦОЛ значения ЦТП выделяются (распространяется и на экран с материалами-заменителями). Также позиции значения свойств ЦТП, заполненные в ЦОЛ, выделяются, подсказывая о необходимости заполнения. Для подачи ЦТП Поставщик вводит / корректирует предложенные системой значения свойств, т.е. указывает параметры поставляемой продукции.

Реализована возможность перехода к просмотру каждой позиции лота, по которой требуется подача ЦТП. У Поставщика доступна функция навигации среди позиций лота (находясь на экране подачи ЦТП перейти к другой позиции лота, не возвращаясь к экрану просмотра списка позиций лота).

После подачи ЦТП в позициях лота отображается статус обработки технического предложения.

После закрытия отбора ЦТП становится доступным для анализа в АС «Оферта» (описание передачи ЦТП на согласование с Сотрудником службы Главного специалиста приводится в ПР.01 по SAP ERP, п.4.4.1).

### **3. Реализация логики**

Основные элементы реализации логики в рамках приложения Fiori:

- backend на ABAP (класс либо набор функциональных модулей)
- OData сервис на ABAP, в котором используются разработки Backend.
- веб-приложение SAPUI5 для отображения данных, манипуляций с ними, основанное на стандартах Fiori.

Для реализации логики потребовалось создать класс ZCL\_INMM\_SZM\_SUB\_CTP. С набором методов:

- GET\_COL\_TAB – возвращает таблицу для основного экрана подачи ЦТП.
- INSERT\_TECH\_PROP – сохраняет ЦТП во все таблицы.
- GET\_MTR\_ANALOG\_BY\_MATNR – возвращает свойства материала по его коду.
- SEARCH\_MTR – возвращает список значений для подсказчика.
- GET\_REPLACEMENT\_TAB – возвращает список кодов материалов замен.
- GET\_TECH\_PROP\_GUID – возвращает guid технического предложения, если оно подано.

- IS\_EDITABLE\_TMP – возвращает boolean значение, которое показывает будет ли таблица изменяема. Метод пока что не используется, нужен для определения режима просмотра таблицы, к которой уже подано ЦТП.
- GET\_AUTO – возвращает boolean значение, которое определяет способ подачи ЦТП.

Данные записываются в таблицы: ZTINMM\_ITTP\_H «Итоговая таблица технических предложений» - заголовок, ZTINMM\_TTT\_COL\_P – позиции, ZTINMM\_TTT\_COL\_Z - значения позиций.

Таблица выводится средствами SAPUI5, в частности через библиотеку sap.m, заполнение таблицы происходит через подключенный OData сервис, а он, в свою очередь, использует класс ZCL\_INMM\_SZM\_SUB\_CTR, в котором реализованы все функции для заполнения таблицы.

#### 4. Реализация интерфейса

При переходе поставщика из экрана списка заявок на поставку материалов осуществляется переход на экран подачи ЦТП (рис. 5). Интерфейс реализован средствами SAPUI5, рассмотрим его.

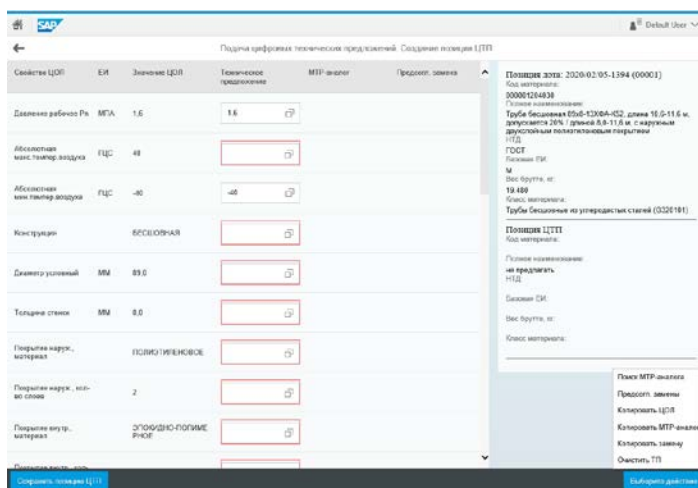


Рис. 5. Основной экран “Подача ЦТП”.

В данной части отображается основная таблица для подачи ЦТП, состоящая из столбцов: “Свойство ЦОЛ”, “ЕИ”, “Значение ЦОЛ”, “Техническое предложение”, “МТР-аналог”, “Предполг. замена”.

Свойство ЦОЛ, ЕИ, Значение ЦОЛ отображают заявку заказчика на поставку в формате ЦОЛ.

В столбце “Свойство ЦОЛ” отражается информация о свойстве материала, который требуется поставить.

В столбце “ЕИ” отражается единица измерения свойства материала, который требуется поставить, если таковая имеется.

В столбце “Значение ЦОЛ” отражается ожидаемое значение свойства в указанной “ЕИ” материала, который требуется поставить.

В столбце “Техническое предложение” отражается техническое предложение по текущей заявке поставщика в формате значения ЦОЛ. На рис. 5 показан пример частично заполненного технического предложения, по умолчанию при запуске приложения на подачу этот столбец остается пустым и изменяемым, при несовпадении значения ЦОЛ и значения технического предложения у одного свойства ячейка технического предложения выделяется красным. По соответствующим кнопкам можно скопировать в этот столбец значения ЦОЛ, значения МТР-аналога, значения «предсогл. замен». В области для ввода с правой стороны присутствует кнопка подсказчика, по нажатию на которую открывается подсказчик. В нем получается список возможных значений текущего свойства.

Столбец “МТР-аналог” заполняется при поиске МТР-аналога, который осуществляется по соответствующей кнопке из области кнопок в формате значения ЦОЛ. Он требуется для более удобного и наглядного заполнения технического предложения, так же, как и в столбце технического предложения осуществляется выделение красным значения, которое не совпадает со значением ЦОЛ.

Столбец «предсогл. замена» заполняется из другого экрана, переход на который осуществляется по нажатию соответствующей кнопки из области кнопок. На нем при выборе конкретного материала осуществляется переход на основной экран с заполнением данного столбца и нижней области детальной информации. Так же, как и в столбце технического предложения осуществляется выделение красным значения, которое не совпадает со значением ЦОЛ.

Область детальной информации делится на 2 части: верхняя – информация о заявке (лоте) на поставку материала, в которой отражается информация материала, на основе которого была создана заявка: код материала, наименование, НТД, базовая ЕИ, вес, и класс материала, нижняя – аналогичная информация о материале МТР-аналога или согласованной замены, по умолчанию пустой, так как не выбран ни материал аналога, ни замены.

### Список литературы

1. Шульц, О. Практика SAP. Руководство для новичков и конечных пользователей / О. Шульц. – СПб.: Эксперт РП, 2012. – 416 с.
2. Gattona, J. L. Managing the Supply Chain. A Strategic Perspective / J.L. Gattona, D. W. Walters. – London.: Macmillan Business. 1996. – 177 с.
3. Гаврилов, Д. А. Управление производством на базе стандарта MRP II / Д.А. Гаврилов. – СПб: Питер, 2002. – 320 с.
4. Дикерсбах, Й. Т. Планирование и управление производством с помощью решений SAP ERP / Й.Т Дикерсбах, Г. Келлер. – СПб.: Эксперт РП, 2011. – 610 с.
5. Коверт Д. SAP ERP. Построение эффективной системы управления / Д. Коверт. – М.: Альпина Паблишер, 2008. – 356 с.

## Моделирование протокола терминального обслуживания на примере платежной системы Qiwi

И. К. Королькова, email: irishka-korolkova@mail.ru

А. В. Яковлев, email: yava73@bk.ru

Е. А. Попова, email: elena.popova2001@yandex.ru

Тамбовский государственный технический университет

**Аннотация.** *На основе динамического моделирования с помощью сетей Петри смоделирован протокол терминального обслуживания на примере платежной системы Qiwi.*

**Ключевые слова:** *платежная система, терминал, протокол, сети Петри.*

### Введение

Платежные системы – это организации, которые обеспечивают прием платежей как с помощью терминалов, так и через интернет (электронные кошельки, электронные деньги). Эффективность платежной системы – это своевременность и надежность передачи и учета платежных ресурсов, выделяемых на проведение платежей [1]. Популярным среди населения инструментом платежной системы являются платежные терминалы. Платежные терминалы – это автономные аппараты, которые благодаря программному обеспечению осуществляют прием платежей от физических лиц в режиме самообслуживания [2]. В данной работе будет смоделирован протокол терминального обслуживания на примере платежной системы Qiwi.

### 1. Введение в метод динамического моделирования с помощью сетей Петри

Сети Петри – это аппарат для моделирования динамических дискретных систем (преимущественно асинхронных параллельных процессов). Сеть Петри определяется как четверка  $\langle P, T, I, O \rangle$ , где  $T$  и  $P$  – конечные множества переходов и позиций,  $I$  и  $O$  – множества входных и выходных функций [3].

Распределение маркеров по позициям называют маркировкой. Маркеры могут перемещаться в сети. Каждое изменение маркировки называют событием, причем каждое событие связано с определенным переходом [4].

## **2. Вербальное описание протокола информационного взаимодействия**

Перед динамическим моделированием протокола необходимо вербально описать его.

1. Регистрация агента в системе (при регистрации агента в системе указывается размер нижней комиссии).

2. Регистрация терминала в системе (при регистрации терминала указывается тип терминала).

3. Загрузка профиля комиссий для различных провайдеров.

4. Загрузка интерфейса (получение структуры групп и провайдеров).

5. Проведение платежей.

5.1. Оффлайн платеж.

5.1.1. С терминала отправляется запрос.

5.1.2. Ответ от сервера включает информацию о результате записи платежа в базу и уникальный идентификатор транзакции в Системе (в случае успешной записи).

5.1.3. Платеж отправляется провайдеру.

5.2. Онлайн платеж.

5.2.1. С терминала отправляется запрос авторизации платежа.

5.2.2. Выполняется авторизация платежа у Провайдера.

5.2.3. Ответ от сервера включает информацию о результате авторизации платежа у провайдера, а также уникальный идентификатор транзакции в Системе.

5.2.4. В случае успешной авторизации с терминала отправляется запрос на проведение платежа.

5.2.5. Отправка платежа Провайдеру и получение от него ответа.

5.2.6. Ответ от сервера включает информацию о результате отправки платежа, а также уникальный идентификатор транзакции в системе.

6. Завершение.

## **3. Моделирование протокола информационного взаимодействия**

Смоделируем протокол информационного обмена терминального обслуживания с помощью сети Петри. Описание элементов этой сети приведены ниже в таблице.

## Описание позиций и переходов

Позиция/ Переход	Описание
P0	Регистрируется абонент
P1	Регистрируется терминал в системе
P2	Регистрируется агент в системе
P3	Устанавливается размер нижней комиссии
P4	Загрузка профиля комиссий
P5	Загрузка интерфейса
P6	Платеж авторизован
P7	Платеж проводится
P8	Ошибка проведения платежа
P9	Платеж проведен
P11	Пополняется баланса агента в системе
P12	Сумма списывается с баланса агента в системе
P13	На счет агента поступает вознаграждение
P14	Сгенерирована пара ключей
P15	Закрытый ключ передан
P16	Сформирована ЭЦП
P17	Передача ЭЦП
P18	Открытый ключ передан
P19	Подпись подтверждена
T0	Запрос на совершение транзакции
T1	Запрос на загрузку профиля комиссий
T2	Запрос на получение структуры групп и провайдеров
T3	Запрос на размер нижней комиссии
T5	Запрос авторизации
T6	Запрос на подтверждение платежа
T7	Запрос на проведение платежа
T8	Запрос на добавление платежа
T9	Завершение
T10	Агенту поступили деньги
T11	Запрос на пополнение баланса агента в системе
T12	Запрос на списание суммы
T13	Запрос на отправку вознаграждения на счет агента
T14	Запрос на проведение платежа
T15	Запрос на создание ключей
T16	Запрос на отправку закрытого ключа

Позиция/ Переход	Описание
T17	Формирование ЭЦП
T18	Запрос на отправление ЭЦП
T19	Запрос на подтверждение ЭЦП
T20	Передача открытого ключа
T21	Запрос на подтверждение ЭЦП
T22	Запрос на авторизацию платежа

Динамическая модель протокола представлена на рис. 1.

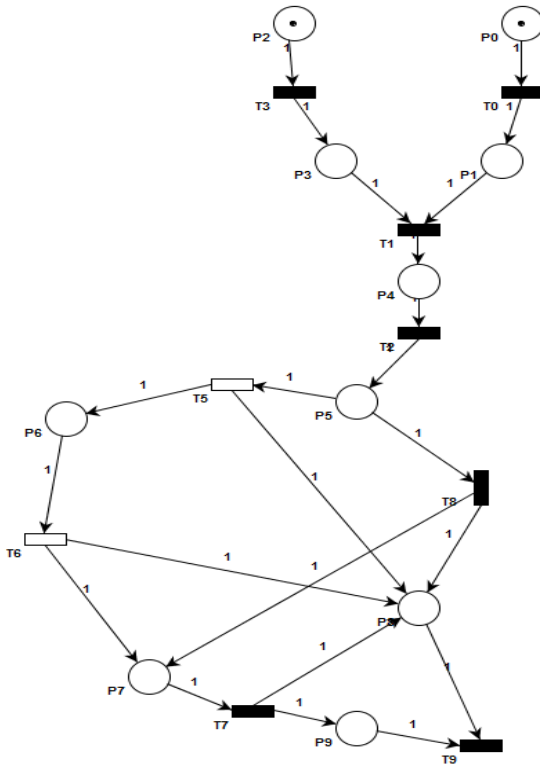


Рис. 1. Сеть Петри, описывающая протокол информационного обмена терминал–процессинговый центр



Переходы T5 и T6 изображены на рис. 2 и 3 соответственно.

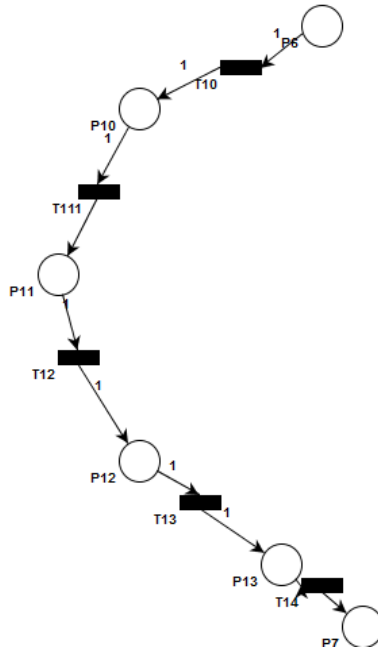


Рис. 2. Переход T5 – «запрос авторизации»

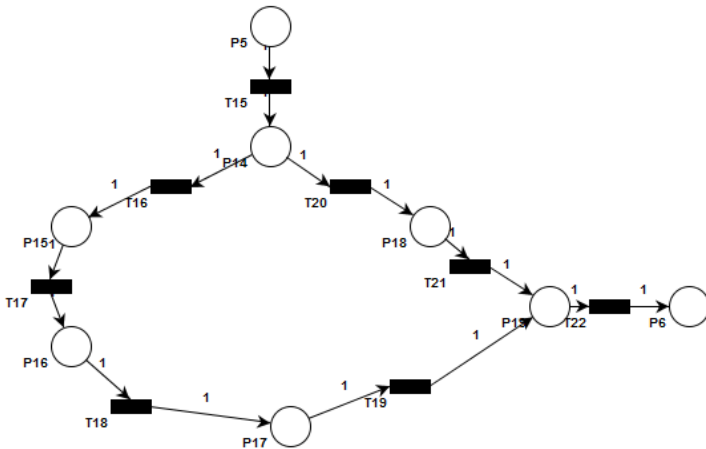


Рис. 3. Переход T6 – «проведение платежа»

#### 4. Анализ характеристик модели

Проведем анализ характеристик модели, изучив свойства модели.

Статические свойства модели сети Петри:

1. конечное множество позиций:

$P = \{p_0, p_1, p_2, p_3, p_4, p_5, p_6, p_7, p_8, p_9, p_{10}, p_{11}, p_{12}, p_{13}, p_{14}, p_{15}, p_{16}, p_{17}, p_{18}, p_{19}\}$ .

2. конечное множество переходов:

$T = \{t_0, t_1, t_2, t_3, t_5, t_6, t_7, t_8, t_9, t_{10}, t_{11}, t_{12}, t_{13}, t_{14}, t_{15}, t_{16}, t_{17}, t_{18}, t_{19}, t_{20}, t_{21}, t_{22}\}$ .

3. множество входных позиций перехода:

$I = \{I(t_0), I(t_1), I(t_2), I(t_3), I(t_5), I(t_6), I(t_7), I(t_8), I(t_9), I(t_{10}), I(t_{11}), I(t_{12}), I(t_{13}), I(t_{14}), I(t_{15}), I(t_{16}), I(t_{17}), I(t_{18}), I(t_{19}), I(t_{20}), I(t_{21}), I(t_{22})\}$ .

$I(t_0)=\{p_0\}$ ,  $I(t_1)=\{p_1, p_3\}$ ,  $I(t_2)=\{p_4\}$ ,  $I(t_3)=\{p_2\}$ ,  $I(t_5)=\{p_5\}$ ,  $I(t_6)=\{p_6\}$ ,  $I(t_7)=\{p_7\}$ ,  $I(t_8)=\{p_5\}$ ,  $I(t_9)=\{p_9\}$ ,  $I(t_{10})=\{p_6\}$ ,  $I(t_{11})=\{p_{10}\}$ ,  $I(t_{12})=\{p_{11}\}$ ,  $I(t_{13})=\{p_{12}\}$ ,  $I(t_{14})=\{p_{13}\}$ ,  $I(t_{15})=\{p_5\}$ ,  $I(t_{16})=\{p_{14}\}$ ,  $I(t_{17})=\{p_{15}\}$ ,  $I(t_{18})=\{p_{16}\}$ ,  $I(t_{19})=\{p_{17}\}$ ,  $I(t_{20})=\{p_{14}\}$ ,  $I(t_{21})=\{p_{18}\}$ ,  $I(t_{22})=\{p_{12}\}$ .

4. множество выходных позиций перехода:

$O = \{O(t_0), O(t_1), O(t_2), O(t_3), O(t_5), O(t_6), O(t_7), O(t_8), O(t_9), O(t_{10}), O(t_{11}), O(t_{12}), O(t_{13}), O(t_{14}), O(t_{15}), O(t_{16}), O(t_{17}), O(t_{18}), O(t_{19}), O(t_{20}), O(t_{21}), O(t_{22})\}$ .

$O(t_0)=\{p_1\}$ ,  $O(t_1)=\{p_4\}$ ,  $O(t_2)=\{p_5\}$ ,  $O(t_3)=\{p_2\}$ ,  $O(t_5)=\{p_6, p_8\}$ ,  $O(t_6)=\{p_7, p_8\}$ ,  $O(t_7)=\{p_8, p_9\}$ ,  $O(t_8)=\{p_8, p_9\}$ ,  $O(t_{10})=\{p_{10}\}$ ,  $O(t_{11})=\{p_{11}\}$ ,  $O(t_{12})=\{p_{12}\}$ ,  $O(t_{13})=\{p_{13}\}$ ,  $O(t_{14})=\{p_7\}$ ,  $O(t_{15})=\{p_{14}\}$ ,  $O(t_{16})=\{p_{15}\}$ ,  $O(t_{17})=\{p_{16}\}$ ,  $O(t_{18})=\{p_{17}\}$ ,  $O(t_{19})=\{p_{19}\}$ ,  $O(t_{20})=\{p_{18}\}$ ,  $O(t_{21})=\{p_{19}\}$ ,  $O(t_{22})=\{p_6\}$ .

5. начальная маркировка:

$\mu_0 = \{1, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0\}$ .

Дерево достижимости на рис. 4 представляет все достижимые маркировки сети Петри, а также – все возможные последовательности запусков её переходов.

Динамические свойства сети Петри. Модель сети является [5]:

– достижимой (заданная маркировка в сети принадлежит к множеству маркировок, достижимых в сети и существует последовательность запусков);

– 2-ограниченной (количество меток в любой позиции является ограниченным, в рассматриваемой модели в любой позиции имеется не более двух меток);

– активной (последовательность запусков существует для любого перехода, приводящего его к запуску);

- не обратимой, так как не для любой маркировки  $\mu$  из  $R(\mu_0)$  маркировка  $\mu_0$  достижима от  $\mu$ ;
- тупиковых разметок нет.

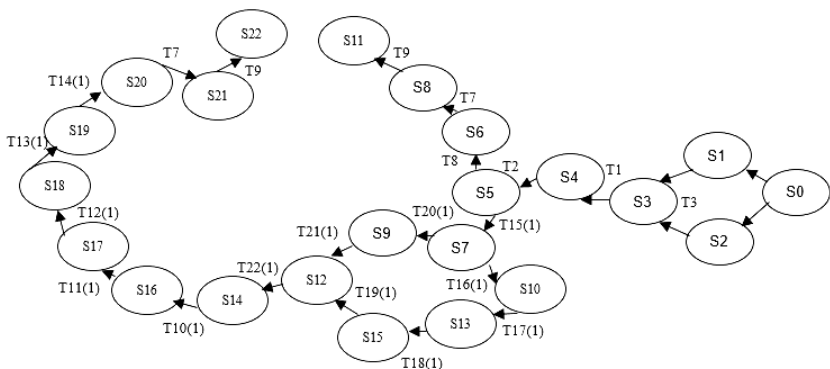


Рис. 4. Дерево достижимости для протокола информационного обмена

### Заключение

В данной статье было произведено вербальное описание протокола информационного обмена и его элементов, смоделирован протокол терминального обслуживания с помощью такого математического аппарата, как сети Петри, проведен анализ характеристик полученной модели.

### Список литературы

1. Ануреев, С.В. Платежные системы и их развитие в России / С.В. Ануреев. – М. : Финансы и статистика, 2004. – 288 с.
2. Жукова, Е.Ф. Деньги, кредит, банки / Е.Ф. Жукова. – М. : ЮНИТИ, 2009 – 107 с.
3. Питерсон, Д. Теория сетей Петри и моделирование систем / Д. Питерсон. – М. : Мир, 1984. – 140 с.
4. Сети Петри [Электронный ресурс] : информация. – Режим доступа : <http://it.kgsu.ru/SetiPetri/sp003.html>
5. Сети Петри – математический аппарат для моделирования [Электронный ресурс] : информация. – Режим доступа : [http://bourabai.ru/cm/petri\\_nets.htm](http://bourabai.ru/cm/petri_nets.htm)

# Научно-методические подходы к долгосрочному прогнозированию метеорологических условий на основе элементов искусственного интеллекта

И. Е. Кузнецов, e-mail: gdv555900@mail.ru,  
Д. В. Гедзенко,  
И. С. Максин

ВУНЦ ВВС «ВВА» им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина  
(г. Воронеж)

**Аннотация.** *Предлагается модель долгосрочного прогнозирования метеорологических условий на основе алгоритмов нечеткой логики.*

**Ключевые слова:** *искусственный интеллект, долгосрочные прогнозы погоды, продукционные правила.*

## Введение

Успешное выполнение полетных заданий основано на качественном планировании мероприятий различного уровня, в том числе, и авиационных работ. В тоже время качественное планирование авиационной деятельности существенно зависит от погодных условий и заблаговременного их предсказания [1].

Оптимальным промежутком времени при заблаговременном планировании является период в 5-7 суток. Прогноз погоды на данный период по принятой классификации относится к разряду долгосрочных.

В настоящее время прогнозы на данный период разрабатываются различными методами. Наиболее перспективным и относительно точным является гидродинамический метод, однако, он не всегда может учесть физические процессы, приводящие к изменению погодных условий, и местные климатические особенности территории. Другим недостатком является отсутствие алгоритма прогнозирования смены общей циркуляции атмосферы, что ведет к неправильному долгосрочному прогнозу.

Климатическая информация является слишком усредненной.

Для устранения этих недостатков предлагается использовать новые математические подходы, основанные на элементах искусственного интеллекта.

## 1. Разработка модели

Под технологией искусственного интеллекта в метеорологии будем понимать математические алгоритмы обработки и представления информации о метеоусловиях, близкие по специфике к алгоритмам обработки информации человеком. Главной задачей технологии является получение всеми возможными способами максимума информации, необходимой для эффективной работы метеоспециалистов.

Наиболее распространенными из них являются нейросети, фреймворки, алгоритмы нечеткой логики. Последние наиболее эффективно позволяют классифицировать и прогнозировать погодные условия в условиях большой неопределенности в метеоинформации. Поэтому их применение для долгосрочных прогнозов погоды (ДПП), как нам кажется, будет наиболее эффективно.

Поскольку долгосрочный прогноз строится последовательно по следующей схеме: прогноз общей циркуляции атмосферы и основных барических образований в ней, прогноз метеорологических элементов, обуславливающих фоновые условия, прогноз явлений погоды, возникающих при определенном сочетании метеоэлементов, то и решение задачи повышения качества ДПП предлагается осуществить с определения начала изменения термобарического поля. Для этого введем понятие естественного синоптического периода (ЕСП).

Под ЕСП понимается промежуток времени, в течение которого на пространстве естественного синоптического района сохраняются основные черты строения термобарического поля, обуславливающие направленное перемещение барических образований и сохранение знака барического поля у поверхности земли [2,3].

В разработке прогноза участвуют три смежных периода. Если в качестве примера взять среднюю продолжительность периодов – шесть суток, то их можно представить в следующем виде рисунка.

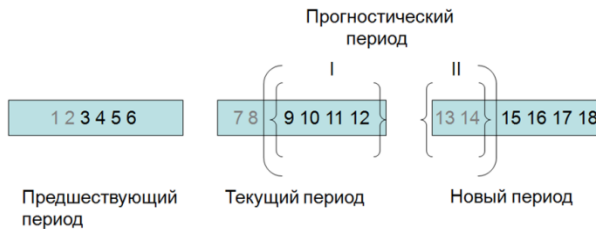


Рисунок. Периоды прогноза

Период, в котором разрабатывается прогноз, носит название текущего ЕСП (дни 7-12). Период, который прошел, называется предшествующим ЕСП (дни 1-6); следующий за текущим периодом, называется новым ЕСП (дни 13-18).

Основным качественным признаком окончания одного и начала другого естественного синоптического периода является перестройка высотного деформационного поля (ВДП), изменение его структуры, которая выражается в изменении географической локализации компонентов ВДП [4].

Правомерность применения элементов искусственного интеллекта в пределах одного ЕСП основана на значимых статистических связях, полученных с использованием достаточно длинных рядов наблюдений, представленных ниже.

1. Существует довольно тесная связь между одноименными полями на сборно-кинематических картах тенденции и всего ЕСП. Это означает, что если в начале периода над каким-либо районом располагается циклоническое или антициклоническое поле, то можно ожидать, что в оставшиеся дни периода здесь сохранится поле того же знака [5].

2. Существует тесная связь между средними значениями геопотенциала на картах АТ-500 гПа и тенденции всего периода. Это связано с тем, что низкие циклоны и антициклоны увлекаются ведущим потоком в средней тропосфере. Сохранение географического расположения основных барических полей, а также направленности перемещения низких подвижных барических образований в течение ЕСП тесно связано с устойчивостью высотного барического поля.

3. В течение синоптического периода географическое распределение высотных барических образований изменяется незначительно. При этом вероятность сохранения высотных барических образований определенного знака до конца периода увеличивается с возрастанием их интенсивности.

4. Существует тесная связь между средними значениями изаллогипс первых двух дней периода и оставшимися днями текущего периода. В течение синоптического периода площади высотных термических и барических полей могут меняться в широких пределах, однако эти изменения малы по сравнению с изменениями, происходящими на границах ЕСП.

5. Имеется хорошая связь между наметившимся направлением перемещения изогипс планетарной высотной фронтальной зоны (ПВФЗ) в первые два дня и последующие дни ЕСП.

Данные качественные правила предлагается использовать в методах нечеткой логики и дискретной математики, которая предоставит информацию о смене ЕСП, или его тенденции.

В качестве исходного материала для прогноза используется ежедневный аэросиноптический материал (синоптические карты, карты АТ-500 и ОТ 500/1000) за все дни предшествующего периода и тенденцию текущего периода.

Задача прогноза циркуляции в средней тропосфере сводится к прогнозу эволюции ПВФЗ. Составление прогноза циркуляции на поверхности АТ-500 складывается из нескольких этапов.

1. Установить дату начала естественного синоптического периода, в который разрабатывается прогноз (текущего ЕСП).

2. Выявить компоненты высотного деформационного поля, определяющие текущий ЕСП.

3. Оценить устойчивость компонентов высотного деформационного поля текущего ЕСП.

4. Определить продолжительность текущего ЕСП (заблаговременность первого этапа прогноза).

5. Разработать прогноз циркуляции в средней тропосфере на оставшиеся дни текущего периода.

6. Разработать прогноз циркуляции в средней тропосфере на тенденцию нового ЕСП.

Время начала смены ЕСП определяется по следующим эмпирическим правилам.

1. Появление в центральных районах циклонической или антициклонической циркуляции барического образования противоположного знака.

2. Возникает пересечение траектории основных барических образований. День, когда это наблюдается, следует также считать началом нового периода.

3. При переходе к новому периоду направление перемещения ПВФЗ резко меняется.

4. Положение осевой линии ПВФЗ фиксируется при помощи характерной изогипсы для данного е.с. сезона: зима (январь, февраль.) – 536 дам; весна (март, апрель) – 544 дам; первая половина лета (май, июнь) – 560 дам; вторая половина лета (июль, август) – 572 дам; осень (сентябрь, октябрь) – 556 дам; предзимье (ноябрь, декабрь) – 544 дам.

5. В пределах одного естественного синоптического периода ход индекса атмосферной циркуляции ведет себя закономерным образом. При переходе к следующему периоду эта закономерность нарушается.

6. В течение одного ЕСП на пространстве е.с. района изменение значений  $H$ -500 имеет определенный характер. Эти изменения вычисляются по формуле:

$$\Delta H_k = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (H_{kj} - \bar{H}_j)$$

где  $H$  – значение геопотенциала АТ-500 в конкретном пункте текущего дня;  $k$  – порядковый номер дня в периоде;  $j$  – номер пункта;  $\bar{H}$  – среднее значение геопотенциала АТ-500 за первые два дня текущего естественного синоптического периода;  $n$  – количество используемых пунктов.

Эти закономерности были формализованы в виде продукционных правил если, то ..... и построены в виде системы прогнозирования с использованием базы данных из климатических характеристик.

### **Заключение**

Таким образом, для прогнозирования погодных условий метеоспециалисту достаточно определить тип синоптической ситуации, далее с использованием базы климатических данных по точке определить какие метеорологические условия наиболее вероятны для данной синоптической ситуации, времени года, времени суток и данной территории.

Апробирование предложенного подхода было осуществлено для ЕТР в переходный период года с августа по ноябрь. Полученные результаты позволяют сделать вывод о повышении качества прогноза общей циркуляции атмосферы на 20-25 % по сравнению с гидродинамическим подходом.

### **Список литературы**

1. Руководство по практическим работам метеорологических подразделений авиации Вооруженных Сил. М.: Воениздат, 1992. – 486 с.
2. Кац, А.Л. Сезонные изменения общей циркуляции атмосферы и долгосрочные прогнозы / А. Л. Кац. – Л.: Гидрометеиздат, 1960. – 270 с.
3. Баранов, А.М. Авиационная метеорология / А. М. Баранов. – С-Пб.: Гидрометеиздат, 1993. – 285 с.
4. Воробьев, В. И Синоптическая метеорология / В. И. Воробьев. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 604 с.
5. Матвеев, Л.Т. Физика атмосферы / Л. Т. Матвеев. – СПб: Л.: Гидрометеиздат, 2000. – 778 с.



# Математическая модель оценки влияния человеческого капитала на развитие регионов России с учетом современных тенденций цифровизации

В. В. Кульба, email: kulba@ipu.ru<sup>1</sup>

В. И. Меденников, email: dommed@mail.ru<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ИПУ им. В.А. Трапезникова РАН

<sup>2</sup> ФИЦ ИУ РАН

**Аннотация.** *В данной работе рассматриваются подходы на основе математического моделирования к оценкам, как непосредственно человеческого капитала, так и его влияния на региональное развитие с позиций системы высшего образования, играющего ключевую роль в повышении интеллектуального потенциала страны.*

**Ключевые слова:** *сельское хозяйство, научно-образовательные ресурсы, санкции, информационные системы, математическая модель.*

## Введение

Исследования в области человеческого капитала (ЧК) приобретают в последнее время большое значение для эффективной и успешной цифровизации всего общественного развития, недостаточный уровень которого ведет к человеческой неготовности к современным технологиям, отторжению их в этом случае и к научной дремучести участников процесса. Таким образом, усиление роли ЧК в мировом развитии связано с повышенными требованиями цифровой экономики (ЦЭ) к значительному увеличению числа высококвалифицированных специалистов на всех уровнях производственного управления, кардинального переоснащения производственных мощностей, профессионального переобучения сотрудников, перехода на цифровые методы управления. Введенные развитыми странами санкции на Россию в настоящее время накладывает существенный отпечаток не только на производственный, но также и на трудовой рынок. Соответственно, данные санкции требуют адекватной реакции и по трансформации ЧК.

Осознание этих требований предсказуемо вызвало запрос на соответствующие исследования по поиску оценок ЧК с использованием математических методов на всех уровнях управления экономикой страны. Такие исследования, основанные на комплексном, научном подходе, на достаточно достоверном необходимом объеме информации

приводят к возможностям выбора наиболее эффективных методов использования данного ЧК.

На первых этапах появления понятия ЧК в исследованиях его доминировала концепция, в которой к ЧК относили лишь часть инвестиций в человека, которые бы приводили к повышению его способностей к труду, в основном, в образование и профессиональную подготовку. С течением времени данный подход начал расширяться, приобретать более содержательный смысл, что было вызвано возможностями информатизации, в дальнейшем и цифровизации общества, дающими шанс учета все более возрастающего количества факторов, влияющих на поведение людей в трудовом процессе, их зарплату, трудовые навыки и образование.

В настоящее время с каждым годом появляется все более значительное количество работ, расширяющих виды инвестиций в ЧК, например, такие, как расходы на обеспечение экономически необходимого уровня мобильности рабочей силы; интеллектуальный капитал, к которому относится деятельность в сфере творчества, и ассоциируемой с интеллектом, изобретательностью, смекалкой человека; организационно-предпринимательский капитал, рассматриваемый в виде предприимчивости, организаторских способностей, генерации творческих идей, коммерческой жилки; культурно-нравственный капитал, выражаемый в таких качествах, как порядочность, нравственность в делах, соблюдение деловой культуры и этики; биологический человеческий капитал, определяемый уровнем здоровья либо конкретных работников, либо всего населения в зависимости от целей исследования, порой и физических возможностей (способностей) к трудовым функциям, а также еще ряд других [1].

Такое многообразие подходов к исследованиям ЧК привело к необходимости классификации его по следующим уровням: микроуровень (индивидуальный ЧК), мезоуровень (ЧК предприятия, региона), макроуровень (национальный ЧК). Хотя в настоящее время к наиболее значительным инвестициям в ЧК по-прежнему относят инвестиции в образование и здравоохранение, в эпоху ЦЭ расходы на науку стали резко возрастать, что связывают также с инвестициями в ЧК, поскольку наука ведет к созданию современных инновационных разработок, превращающихся с течением времени в новые общественно-экономические технологии. После этого они изменяют, как самого человека, так и экономические и социальные отношения в обществе, что, в конце концов, приводит к возникновению новых способностей и компетенций. Так, в [2] приведены данные, что при инвестициях в ЧК без внедрения цифровых технологий прибыль

возрастает на 9%, а при совместных инвестициях – на 26%. При внедрении цифровых технологий без инвестиций в ЧК, наоборот, наблюдается сокращение прибыли на 11%.

Исходя из основного принципа цифровой трансформации экономики – интеграции как информационных систем, так и данных [3], в настоящее время в исследованиях появился еще один вид инвестиций в ЧК, на основе которого будет опираться значительная часть наших исследований далее, – поиск социально, экономически и образовательно ценной информации, поскольку она становится важнейшим ресурсом для людей, а в настоящее время и для многих программно-аппаратных систем, например, для роботов, технологий искусственного интеллекта, и т.п. В работе [4] это объясняется следующим образом: «Люди и информация – основа информационной экономики, при этом человек определяется в качестве главного ресурса в тандеме. Поэтому развитие людей и менеджмента должно происходить с не меньшей скоростью, чем технологии».

## **1. Математическая модель формирования и оценки человеческого капитала на уровне ВУЗа**

В связи с этим в данной работе рассмотрим математическую модель оценки ЧК в системе формального образования на примере ВУЗов и с этой целью определим факторы, наиболее влияющие на его качество. Тем более, что Минобрнауки РФ в приказе N 462 от 14.06.2013г. «Порядок проведения самообследования образовательной организацией» определил процедуру оценивания их деятельности, что можно считать, исходя из вышеизложенного, как некую методику оценку ЧК в виде его потенциала.

Однако, мониторинг сайтов ВУЗов показал, что в данном приказе не учитываются многие значительные тенденции цифровой трансформации в мире, когда большая часть производимых данных перемещается в интернет, что выливается в появление на сайтах ВУЗов таких ресурсов, как информационные научно-образовательные (ИНОР), электронные биржи труда (ЭБТ), электронные торговые площадки (ЭТП). Не нашло также отражение в приказе к оценке ВУЗов информации, характеризующей имидж и репутацию их на основе использования методов сайтометрии контента сайтов. К ИНОР отнесем следующие ресурсы, представленные, как на сайтах, так и входящие в список научных знаний, наиболее востребованных в экономике, в частности, АПК [5, 6]: разработки, публикации, консультационная деятельность, нормативно-правовая информация (НПИ), дистанционное обучение (ДО), пакеты прикладных программ (ППП), базы данных (БД), выполняющие триединую роль в росте качества ЧК: поддержака

научных исследований, повышение уровня образования (зачастую переподготовкой) для всех слоев населения, эффективная система трансфера научно-образовательных знаний в производство. Информационные ресурсы (ИР), включенные в порядок проведения самообследования, назовем вторичными информационными образовательными ресурсами (ВИОР) в отличие от семи видов ИНОР, названными первичными (ПИНОР). При этом эти ИР могут храниться, как в виде информационного каталога, так и в виде полноформатного представления. Назовем это формами хранения ИР. С другой стороны, хранение ИР в системах управления БД (СУБД) назовем упорядоченным представлением, в противном случае, что и происходит в большинстве случаев в настоящее время, – неупорядоченным представлением.

Общий критерий формирования и оценки ЧК зададим в виде аддитивной суммы взвешенных групп, общая сумма весов которых равна 1, следующих частных критериев: критерий оценки ЧК по видам представления ИНОР, критерий оценки ЧК по эффективности использования ИР методами сайтометрии, критерий оценки ЧК по эффективности использования ИР ЭТБ, критерий оценки ЧК по эффективности использования ИР ЭТП, критерий оценки ЧК по состоянию ИР из приказа Минобрнауки. Тогда дадим математическое описание модели.

$i$  – показатель уровня интеграции ИР,  $i \in I$  ;

$l$  – показатель формы хранения ИР,  $l \in L$  ;

$n$  – показатель вида ИНОР,  $n \in N$  ;

$m$  – код ВУЗа,  $m \in M$  ;

$h$  – вид ВИИР,  $h \in H$  ;

$t$  – год;

$P_j^{tm}$  – частный критерий оценки ЧК  $m$ -го ВУЗа по  $j$ -му показателю в году  $t$ ,  $j \in J$  ;

$P^{tm}$  – общий критерий оценки ЧК  $m$ -го ВУЗа в году  $t$  ;

$\alpha_i^1$  – весовой коэффициент уровня интеграции ИР;

$\alpha_l^2$  – весовой коэффициент  $l$ -й формы хранения ИР;

$\alpha_n^3$  – весовой коэффициент  $n$ -го вида представления ИР;

$\beta_j$  – весовой коэффициент оценки ЧК по  $j$ -му показателю;

$v_{i \ln 0}^{tm}$  – число экземпляров ИНОР  $i$ -го уровня интеграции,  $l$ -ой формы хранения,  $n$ -го вида представления на уровне  $m$ -го ВУЗа в году  $t$ ;

$v_{i \ln f}^{tm}$  – число экземпляров ИНОР  $i$ -го уровня интеграции,  $l$ -ой формы хранения,  $n$ -го вида представления на уровне  $f$ -го факультета  $m$ -го ВУЗа в году  $t$ ;

$v_{i \ln k}^{tm}$  – число экземпляров ИНОР  $i$ -го уровня интеграции,  $l$ -ой формы хранения,  $n$ -го вида представления на уровне  $k$ -й кафедры  $m$ -го ВУЗа в году  $t$ ;

$\lambda_{i \ln}^{tm}$  – величина оценки ЧК по числу экземпляров ИНОР  $i$ -го уровня интеграции,  $l$ -ой формы хранения,  $n$ -го вида представления  $m$ -го ВУЗа в году  $t$ ;

$$\lambda_{i \ln}^{tm} = (v_{i \ln 0}^{tm} + \sum_f v_{i \ln f}^{tm} + \sum_k v_{i \ln k}^{tm}) / \max_m (v_{i \ln 0}^{tm} + \sum_f v_{i \ln f}^{tm} + \sum_k v_{i \ln k}^{tm});$$

$d_{rm}^{t2}$  – количество  $r$ -го показателя оценки ЧК методами сайтотметрии в  $m$ -ом ВУЗе в году  $t$ ,  $r \in R$ ;

$q_{rm}^{t2}$  – величина  $r$ -го критерия оценки ЧК методами сайтотметрии в  $m$ -ом ВУЗе в году  $t$ ;

$\omega_r^2$  – вес  $r$ -го показателя критерия оценки ЧК методами сайтотметрии;

$$q_{rm}^{t2} = d_{rm}^{t2} / \max_m d_{rm}^{t2};$$

$d_{sm}^{t3}$  – значение  $s$ -го показателя критерия оценки ЧК по состоянию ЭТП в  $m$ -ом ВУЗе в году  $t$ ;

$\omega_s^3$  – вес  $s$ -го показателя критерия оценки ЧК по состоянию ЭТП;

$d_{gm}^{t4}$  – величина  $g$ -го показателя критерия оценки ЧК по состоянию ЭБТ в  $m$ -ом ВУЗе в году  $t$ ;

$\omega_g^4$  – вес  $g$ -го показателя критерия оценки ЧК по состоянию ЭБТ,  $g \in G$ ;

$d_{hm}^{t5}$  – число  $h$ -го показателя оценки ЧК по ВИОР в  $m$ -ом ВУЗе в году  $t$ ,  $k \in K$  ;

$q_{hm}^{t5}$  – величина  $h$ -го показателя критерия оценки ЧК по ВИОР в  $m$ -ом ВУЗе в году  $t$  ;

$\omega_{hm}^5$  – вес  $h$ -го показателя критерия оценки ЧК по ВИОР в  $m$ -ом ВУЗе,  $k \in K$  ;

$$q_{hm}^{t5} = d_{hm}^{t5} / \max_m d_{hm}^{t5} ;$$

Тогда:

$$P^{tm} = \sum_j \beta_j \cdot P_j^{tm} ;$$

где  $P_1^{tm} = \sum_{i,l,n} \lambda_{i \ln}^{tm} \alpha_i^1 \alpha_l^2 \alpha_n^3$ ,  $P_2^{tm} = \sum_k \omega_k^2 q_{km}^{t2}$ ,

$$P_3^{tm} = \sum_s \omega_s^3 d_{gm}^{t3}, P_4^{tm} = \sum_g \omega_g^4 d_{gm}^{t4}, P_5^{tm} = \sum_h \omega_h^5 q_{hm}^{t5}.$$

В указанной выше постановке значение  $P^{tm}$  можно определить как оценку ЧК, производящим  $m$ -м образовательным учреждением.

## 2. Математическая модель формирования и оценки ЧК на уровне региона

Для оценки влияния ЧК, произведенного  $m$ -м ВУЗом на региональное развитие введем соответствующий критерий, являющийся сверткой некоторых региональных рейтингов  $R_k^{tm}$ , отражающих их социально-экономическое положение, где  $k$  – номер рейтинга,  $k \in K$ .

При наличии нескольких ВУЗов в регионе под  $P^{tm}$  будем понимать некоторую свертку оценок ЧК региональных ВУЗов. Проранжируем  $P^{tm}$ , в результате чего получим рейтинги  $P^{0m}$  ВУЗов по оценке ЧК.

Введем некоторый обобщенный региональный рейтинг социально-экономического положения регионов  $R^{tm} = (\sum_{k=1}^K \eta_k R_k^{tm}) / K$ , где  $\eta_k$  –

положительные числа, отражающие веса слагаемых и  $\sum_{k=1}^K \eta_k = 1$ . Веса

выбираются в зависимости от отраслевого потенциала регионов и степени статистической зависимости  $P^{0tm}$  и  $R_k^{tm}$ . Пример расчетов такой статистической зависимости рассмотрен в [7].

Тогда оценка влияния ЧК на социально-экономическое положение региона будет зависеть от соотношений  $P^{0tm}$  и  $R^{tm}$ . Соотношение  $P^{0tm} > R^{tm}$  означает, что ЧК в регионе недостаточно развит. Причины могут быть разные: недостаток финансирования, слабый преподавательский состав, программа обучения не соответствует требованиям региона и т.д. Для выявления причин необходимо разработать и провести дополнительное анкетирование ВУЗов и регионов. Соотношение  $P^{0tm} < R^{tm}$  означает, что ЧК в регионе недостаточно используется региональными властями и бизнесом. Причины могут быть также разные: недостаточная инновационная деятельность в регионе, потребность региона в специалистах меньше потенциала ЧК ВУЗов, большая миграция выпускников из региона, программа обучения превышает требования региона и т.д. Соотношение  $P^{0tm} = R^{tm}$  означает сбалансированность потенциала ЧК ВУЗов и потребностей региона в специалистах. При введении величины  $\Delta^{tm} = P^{tm} - P^{t-t_1, m}$ , где  $t - t_1$  – временной лаг можно оценить степень изменения в лучшую/худшую сторону качества ЧК.

### **Заключение**

В исследовании разработаны две математической модели, отражающие влияния ЧК на развитие регионов России: модель формирования и оценки его на уровне ВУЗа и модель формирования и оценки ЧК на уровне региона. В работе, представленной на данной конференции «Результаты моделирования оценки влияния человеческого капитала на развитие регионов России», основанной на проведенном мониторинге в 2022г. сайтов сельскохозяйственных ВУЗов, будут представлены практические результаты расчетов на основе данных исследований.

### **Список литературы**

1. Смирнов, В. Т. Основы экономической теории / В.Т. Смирнов, В.Ф. Бондарев, В.И. Романчин // Орел: Изд-во ОрелГТУ, 2003. 474 с.
2. Зябриков, В. В. Цифровизация менеджмента: перспективы и скрытые угрозы для культурного развития нации [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.lihachev.ru/chten/2018/sec4/zajbrikov/>

3. Райков, А. Н. Анализ опыта цифровой трансформации в мире для сельского хозяйства России / А.Н. Райков, В.И. Меденников, // Тенденции развития интернет и цифровой экономики : Труды III Всероссийской с международным участием научно-практической конференции, Симферополь- Алушта, 04–06 июня 2020 года. – Симферополь- Алушта: ИП Зуева Т.В., 2020. – С. 57-62.

4. Электронный ресурс] : – Режим доступа : [https://studref.com/310639/menedzhment/otsenka\\_chelovecheskogo\\_kapitala](https://studref.com/310639/menedzhment/otsenka_chelovecheskogo_kapitala)

5. Меденников, В. И. Модели и методы формирования единого информационного интернет-пространства аграрных знаний / В.И. Меденников, Л.Г. Муратова, С.Г. Сальников. – М. : ГУЗ, 2014. – 428 с.

6. Зацаринный, А. А. Системные аспекты технологии управления научными и образовательными сервисами / А.А. Зацаринный, А.П. Шабанов // Открытое образование. – 2017. – Т.21, №2. – С. 88-96.

7. Казаренков, И. Г. Управление человеческим капиталом в условиях цифровизации экономики: оценка его влияния на экономический рост, конкурентоспособность, социальное благополучие и развитие общества / И.Г. Казаренков, И.Г. Каменев, Т.В. Кокуйцева [и др.]. – М. : Российский университет дружбы народов (РУДН), 2020. – 214 с. – ISBN 978-5-209-10196-3.



## Синтез дискретной нечеткой цепи Маркова на основе многомерных временных рядов

М. Г. Матвеев, e-mail: mgmatveev@yandex.ru

Н. А. Алейникова, e-mail: balbashovan@mail.ru

А. А. Громковский, e-mail: aag68@bk.ru

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»

**Аннотация.** *В работе исследуется подход к оценке нечетких состояний систем, представленных многомерными временными рядами, отражающими совокупность показателей. На основе временного ряда показателей реализован синтез дискретной нечеткой цепи Маркова. Для цепи Маркова каждого показателя по отдельности получены формулы расчёта элементов матрицы переходных вероятностей, которая является обычной стохастической матрицей. Рассчитаны предельные вероятности стационарных нечетких состояний системы. Решена задача агрегирования предельных вероятностей состояний системы с помощью интеграла Шоке на основе меры Сугено. В работе реализована численная апробация предложенных методов для системы, которая характеризуется временными рядами трех показателей.*

**Ключевые слова:** *моделирование принятия решений, цепи Маркова, нечеткие временные ряды, синтез сложных систем, нечеткое состояние объекта.*

### Введение.

Марковские процессы принятия решений (МПП) являются полезным инструментом моделирования и поиска оптимальной политики в широком классе систем. Они применяются в таких областях, как теория массового обслуживания, управление запасами, компьютерная лингвистика и ряде других динамических систем. Одним из перспективных направлений развития теории МПП является ее применение для исследования нечетких состояний некоторой системы (объекта, явления, процесса). Нечеткие описания состояний по Л. Заде позволяют получить более реалистичный и гибкий механизм поддержки принятия решений на границах классических состояний, представленных классами эквивалентности. В этом направлении в мире выполняется множество теоретических и прикладных исследований, примерами которых могут служить работы [1-10].

В работе [1] предложен метод определения переходных вероятностей стохастической матрицы модели цепи Маркова, основанный на статистическом анализе временного ряда одного классификационного показателя нечетких состояний. Однако, в большинстве практических задач классификация состояний осуществляется на основе вектора показателей и соответствующих многомерных временных рядов их значений. При этом показатели, как правило, зависимы и взаимодействуют между собой. Предлагаемое исследование посвящено синтезу цепи Маркова нечетких состояний в условиях их векторных характеристик с учетом зависимости векторных компонент.

### **1. Оценка переходных вероятностей нечетких состояний.**

Рассмотрим методику реализации модели цепи Маркова в пространстве нечетких состояний для скалярного признака состояния моделируемой системы. Это может быть осуществлено на основе замены многомерного временного ряда значений признаков состояний временным рядом одного показателя, например, посредством использования агрегирования.

Цепи Маркова отражают динамику изменения состояний системы, поэтому, нечеткое соответствие величины признака и нечеткого состояния необходимо определять в динамике. Для этого рассматривается временной ряд значений признака –  $(x^0; x^1; \dots; x^t; \dots)$ , в котором индекс  $t$  указывает дискретное время. Временной ряд значений признака формирует временной ряд нечетких состояний. Такой временной ряд является нечетким [2], и представляет собой упорядоченную по времени последовательность наблюдений некоторой системы со случайно изменяющимися состояниями, причем состояние в момент времени  $t$  определяется нечеткой переменной  $\tilde{x}$ .

Классические подходы моделирования нечетких временных рядов предполагают построение систем нечетких продукционных правил или реляционных уравнений [1, 3-9]. В данной работе построение модели нечеткого временного ряда реализовано в форме цепи Маркова. Решение этой задачи осуществлено с помощью реализации основных этапов известных методик, с учетом необходимой случайной компоненты.

Построение модели нечеткого временного ряда предполагает задание лингвистической шкалы в виде упорядоченного набора термов  $(\tilde{x}_1; \tilde{x}_2; \dots; \tilde{x}_g)$ . Для этого определяется непрерывный отрезок  $[a; b] \subseteq X$ , содержащий все возможные значения уровней  $x^t$  исследуемого сегмента временного ряда. На основе нечеткого разбиения отрезка  $[a; b]$

задается терм-множество состояний  $(\tilde{x}_1; \tilde{x}_2; \dots; \tilde{x}_s)$ , соответствующих допущениям:

– функции принадлежности  $\mu_{\tilde{x}}(x)$  задаются в классе треугольных нормированных функций с единичной модой и нулевыми значениями на границах носителя;

– для равномерного покрытия отрезка носители смежных функций принадлежности  $\mu_{\tilde{x}_i}(x)$  реализуются на множестве  $[a; b]$  в виде пересекающихся промежутков, в точках пересечений графиков функций принадлежности  $x^*$  должно выполняться соотношение  $\mu_{\tilde{x}_{i-1}}(x^*) = \mu_{\tilde{x}_i}(x^*) = 0,5$ .

Исследуется временной ряд признака  $x^t = (x^0; x^1; \dots; x^n)$ , уровни которого заданы дискретными значениями или интервалами (для непрерывного  $x$ ) на отрезке  $[a; b]$  и задана лингвистическая шкала, содержащая необходимое и достаточное количество термов описания нечетких состояний.

Нечеткий временной ряд состояний формируется на основе нечеткого соответствия  $C: X \rightarrow \{\tilde{x}_i | \mu_{\tilde{x}_i}(x)\}$ , которое определяется в каждый момент времени  $t$ . Последовательная подстановка значений  $x^t$  в функции принадлежности  $\mu_{\tilde{x}_i}(x^t); i = 1, \dots, s; t = 0, \dots, n$  с учетом всех состояний, значения которых отличны от нуля, определит нечеткий вектор нечетких состояний в момент времени  $t$ :

$$\tilde{X}^t = (\tilde{x}_i^t | \mu_{\tilde{x}_i}(x^t) \neq 0, i = 1; \dots; k). \quad (1)$$

Соотношение (1) может рассматриваться в качестве уравнения наблюдения исследуемой системы [1].

Временные изменения значений признака  $x$  определяет динамику вариации нечетких состояний в форме стохастической последовательности векторов  $(\tilde{X}^1; \dots; \tilde{X}^t; \dots)$ . С учетом того, что временной ряд значений признака обладает марковским свойством, случайная последовательность нечетких состояний, в соответствие с алгоритмом ее формирования, тоже будет соответствовать свойству марковости. По классическим методикам [3, 4], можно утверждать, что за предыдущим состоянием  $\tilde{x}_i^{t-1} \in \tilde{X}^{t-1}$  с определенной вероятностью следует состояние  $\tilde{x}_j^t \in \tilde{X}^t$ . Тогда на множестве состояний определяется

нечеткое отношение  $R_{ij}(t-1, t) = (\tilde{x}_i^{t-1}, \tilde{x}_j^t)$ , формально представимое посредством нечеткой импликации  $\tilde{x}_i^{t-1} \rightarrow \tilde{x}_j^t$ . Данное нечеткое отношение можно рассматривать как нечёткое событие, так как оно формализует переход между состояниями.

Если в момент времени  $t$  происходит сразу нескольких нечетких событий, то они определяются прямым произведением нечетких векторов  $R^{t-1, t} = \tilde{X}^{t-1} \times \tilde{X}^t$ . Каждое бинарное отношение, задаваемое прямым произведением, будет иметь вид  $\tilde{x}_i^{t-1} \rightarrow \tilde{x}_j^t | \mu_{ij}$ . Значение функции принадлежности определяется выражением:

$$\mu_{ij} = \min(\mu_{\tilde{x}_i}; \mu_{\tilde{x}_j}). \quad (2)$$

Наблюдаемые признаки состояния  $x$  можно рассматривать как случайные величины. Это обусловлено случайностью формирующих факторов и наличием погрешностей наблюдений. Тогда событие, состоящее в том, что наблюдаемый признак принял значение  $x^t$ , является случайным и задаётся вероятностью  $p(x^t) \in [0; 1]$ . Так как нечеткое событие смены состояний задается с участием  $x^t$ , его также можно рассматривать как случайное событие. Сочетание двух разнородных видов неопределенности: нечеткости и случайности предполагает введение понятия нечеткого вероятностного пространства.

Согласно [5], нечеткое вероятностное пространство определяется тройкой  $(\Omega, \sigma(\Omega), P(\tilde{A}))$ , где  $\Omega$  – множество нечетких случайных событий;  $\sigma(\Omega) \subset 2^\Omega$  – сигма-алгебра на множестве  $\Omega$ ;  $P(\tilde{A})$  – вероятность нечеткого случайного события  $\tilde{A} \in 2^\Omega$ . Нечеткое вероятностное пространство является обобщением классического вероятностного пространства.

Нечетким элементарным случайным событием  $\tilde{A}_{ij}^{\exists} = (\tilde{x}_i^{t-1} \rightarrow \tilde{x}_j^t) | \mu_{ij}$  называют случайное событие перехода системы из нечеткого состояния  $\tilde{x}_i$  в нечеткое состояние  $\tilde{x}_j$  в момент времени  $t$  с мерой уверенности  $\mu_{ij}$ . Случайный характер события  $\tilde{A}_{ij}^{\exists}$  обусловлен случайной последовательностью значений признака; нечеткий характер  $\tilde{A}_{ij}^{\exists}$  придает нечеткое отношение, импликация –  $(\tilde{x}_i^{t-1} \rightarrow \tilde{x}_j^t) | \mu_{ij}$ .

Нечеткие соответствия  $C$  в смежные моменты времени могут порождать однородные импликации, с различными значениями функции принадлежности:

$$\tilde{A}_{ij} = \{(\tilde{x}_i^{t_i-1} \rightarrow \tilde{x}_j^{t_i}) \mid \mu_{ij}^1; \dots; (\tilde{x}_i^{t_i-1} \rightarrow \tilde{x}_j^{t_i}) \mid \mu_{ij}^k\}. \quad (3)$$

Нечеткое событие  $\tilde{A}_{ij}$  называют составным событием, отображающим все однородные переходы  $\tilde{x}_i \rightarrow \tilde{x}_j$  на заданном промежутке временного ряда с разными значениями функций принадлежности  $U_k(\tilde{x}_i \rightarrow \tilde{x}_j) \mid \mu_{ij}^{kj}$ .

Л. Заде [6] определил вероятность нечеткого события  $\tilde{A}$  относительно распределения  $p(\tilde{A})$  в виде следующего выражения:

$$P(\tilde{A}_{ij}) = \sum_k p(\tilde{A}_{ij}^{\exists k}) \mu_{ij}^k. \quad (4)$$

Соотношение (4) представляет взвешенное среднее вероятностей нечетких элементарных случайных событий, в качестве весов выступают функции принадлежности переходов из состояния в состояние на заданном временном промежутке.

Оценка распределения вероятностей  $p(\tilde{A}_{ij}^{\exists k})$  получается на основе статистической вероятности. Можно представить все возможные нечеткие случайные события на множестве нечётких состояний  $(\tilde{x}_1; \tilde{x}_2; \dots; \tilde{x}_s)$  в форме матрицы размерности  $s \times s$ :

$$\begin{pmatrix} U_{k11}(\tilde{x}_1 \rightarrow \tilde{x}_1) \mid \mu_{11}^{k11} & \dots & U_{k1s}(\tilde{x}_1 \rightarrow \tilde{x}_s) \mid \mu_{1s}^{k1s} \\ \dots & \dots & \dots \\ U_{ks1}(\tilde{x}_s \rightarrow \tilde{x}_1) \mid \mu_{s1}^{ks1} & \dots & U_{kss}(\tilde{x}_s \rightarrow \tilde{x}_s) \mid \mu_{ss}^{kss} \end{pmatrix}. \quad (5)$$

Элементы матрицы (5) – это объединения однородных нечетких событий, являющихся результатами наблюдений. Пусть  $K_{ij}$  – количество однородных событий в объединении  $ij$ , это является максимальным значением индекса  $k_{ij}$ . Каждая строка матрицы (5) содержит полную группу событий. Количество элементарных нечетких событий каждой строки матрицы (5) определяется соотношением  $K_i = \sum_{j=1}^s K_{ij}$  для всех  $i$ . В составе каждого однородного объединения  $ij$  можно выделить повторяющиеся элементарные события с

одинаковыми значениями  $\mu_{ij}^k$ . Количество таких событий обозначим как  $K_{ij}^H$ . Тогда можно определить частоту элементарного события  $\tilde{A}_{ij}^g = (\tilde{x}_i^{t-1} \rightarrow \tilde{x}_j^t) | \mu_{ij}$  в полной группе событий с помощью отношения:

$$w(\tilde{A}_{ij}^{gk}) = p(\tilde{A}_{ij}^{gk}) = \frac{K_{ij}^H}{K_i}. \quad (6)$$

На основе формулы (6) можно рассчитать вероятности (4) для нечетких случайных событий матрицы (5). Матрица вероятностей, соответствующая матрице (5), представима в виде:

$$\begin{pmatrix} P(\tilde{A}_{11}) & \dots & P(\tilde{A}_{1s}) \\ \dots & \dots & \dots \\ P(\tilde{A}_{s1}) & \dots & P(\tilde{A}_{ss}) \end{pmatrix}. \quad (7)$$

Вероятности нечетких случайных событий  $P(\tilde{A}_{ij})$  можно рассматривать как элементы стохастической матрицы переходов. В общем случае данные вероятности не удовлетворяют обязательному условию:

$$\forall i (\sum_j P_{ij} = 1). \quad (8)$$

Условие (8) будет выполняться после реализации нормировки  $P_{ij}$ :

$$\forall i \left( P_{ij} = \frac{P(\tilde{A}_{ij})}{\sum_j P(\tilde{A}_{ij})} \right). \quad (9)$$

С учетом этого, значения  $p_{ij}$  можно рассматривать как элементы стохастической матрицы переходов и интерпретировать как вероятности случайных нечетких событий – переход из нечеткого состояния  $\tilde{x}_i$  в нечеткое состояние  $\tilde{x}_j$ . Дискретная модель цепи Маркова случайных нечетких состояний формально не отличается от классической формы записи:

$$\begin{pmatrix} p_1^{t+1} \\ \dots \\ p_n^{t+1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} p_{11} & \dots & p_{n1} \\ \dots & \dots & \dots \\ p_{1n} & \dots & p_{nn} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} p_1^t \\ \dots \\ p_n^t \end{pmatrix}, \quad (10)$$

с начальным условием  $(p_1^0, \dots, p_n^0)^T$ .

Дискретные цепи Маркова можно использовать как для предсказания состояний системы в некоторый момент времени, так и для определения стационарных состояний системы. Такие состояния можно рассматривать как внутреннюю характеристику, статус системы. Исследуемая система, находится под внешними воздействиями, вызывающими изменения состояния. Внешние воздействия бывают двух типов. Первый тип - случайные, неконтролируемые воздействия в каждый момент времени  $t$ , вызывающие изменения предшествующих состояний  $p^t$ . Тогда  $p^{t+1} = M^t p^t$ , где  $p^t$  - результат аддитивного влияния предшествующего вычисления по рекуррентной процедуре в момент времени  $t$  и некоторого случайного воздействия. Второй тип - управляющие воздействия, изменяющие матрицу переходов. Если считать, что на заданном временном интервале ряда наблюдаемых значений выходной переменной системы  $x$  существуют воздействия первого типа, вызывающие случайные вариации этих значений. В данном случае случайным изменениям будут подвержены нечеткие состояния  $\tilde{x}_i^t$ . Матрица переходов на рассматриваемом временном промежутке не изменяется, что дает возможность определения стационарных состояний или статуса системы на данном интервале.

Для оценки статуса системы, представляющего совокупность вероятностей ее стационарных состояний  $(p_1^c; p_2^c; \dots; p_n^c)$ , следует решить систему (10) при наличии стационарности, которая представляется в виде  $p^{t+1} = p^t$ . Систему (10) можно записать в виде системы однородных линейных уравнений:

$$\begin{cases} (p_{11} - 1)p_1^t + \dots + p_{n1}p_n^t = 0, \\ \dots \\ p_{1n}p_1^t + \dots + (p_{nn} - 1)p_n^t = 0. \end{cases} \quad (11)$$

В матричном виде система (11) запишется как  $(M^T - I) \cdot x^t = 0$ ,  $I$  - единичная матрица.

Для получения нетривиальных решений в системе (11) заменяют одно уравнение на уравнение нормировки,  $p_1^t + p_2^t + \dots + p_n^t = 1$ . Если определитель полученной таким образом системы уравнений не равен нулю, то искомое решение в виде вектора  $(p_1^c; p_2^c; \dots; p_n^c)$  будет

определять статус системы. Данное решение является характеристикой системы на исследуемом интервале времени.

## **2. Оценка статуса системы на основе многомерного временного ряда**

В большинстве практических задач динамика состояний системы представлена не временным рядом одного показателя, а совокупностью временных рядов различных показателей, характеризующих исследуемую систему с разных сторон. Например, если речь идет о диагностике болезни, то для классификации состояний больного используют временные ряды таких характеристик, как температура, давление, показатели анализа крови, мочи и т.д. На основе обобщения этих данных делают вывод о состоянии больного. Оценка успеваемости студента осуществляется на основе временных рядов динамики успеваемости (в баллах) по разным дисциплинам.

После определения предельных вероятностей состояний системы по каждому показателю в отдельности, возникает еще одна задача, связанная с их агрегированием. При этом следует учитывать взаимодействие показателей между собой. Какие-то показатели при взаимодействии друг с другом могут усиливать влияние на формирование состояний системы, какие-то наоборот ослаблять. В качестве примера рассмотрим оценку успеваемости студента технического ВУЗа. Если студент силен и в математике, и в информатике одновременно, очевидно он сможет решить и большее число задач, в том числе прикладных, а не только задачи по математике и информатике по отдельности. Это обязательно повлияет на оценку его успеваемости.

Необходимо учитывать, что при оценке того или иного состояния системы, разные показатели могут неодинаково влиять на эту оценку. Следовательно, при классификации состояний системы нужно предусмотреть использование весов различных показателей.

Таким образом, возникает задача агрегирования предельных вероятностей нечетких состояний системы с учетом взаимодействия классификационных показателей и их дифференцированного вклада.

В качестве такого оператора агрегирования, учитывающего все перечисленные требования, хорошо подходит оператор агрегирования Шоке по нечеткой мере Сугено [7].

Пусть по  $N$  временным рядам показателей, характеризующих систему, описанным выше методом получены векторы предельных вероятностей нечетких состояний системы:



$$\begin{aligned}
 \mathbf{p}^{c(1)} &= (p_1^{c(1)}, p_2^{c(1)}, \dots, p_s^{c(1)}), \\
 \mathbf{p}^{c(2)} &= (p_1^{c(2)}, p_2^{c(2)}, \dots, p_s^{c(2)}), \\
 &\dots \\
 \mathbf{p}^{c(N)} &= (p_1^{c(N)}, p_2^{c(N)}, \dots, p_s^{c(N)})
 \end{aligned}
 \tag{12}$$

Обозначим через  $\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_N$  веса показателей, их можно определить, например, экспертным путем.

Для получения обобщенного вектора предельных вероятностей состояний системы агрегирование будет производиться по каждой компоненте  $i, i = \overline{1, s}$  по отдельности.

Нечеткая мера Сугено выражает субъективный вес или значимость каждого подмножества показателей и рассчитывается по формуле:

$$\varphi(m) = \frac{\prod_{n \in m} (1 + \lambda \varphi_n) - 1}{\lambda} \in [0; 1], \quad m \subseteq M,
 \tag{13}$$

где  $M$  – множество показателей,  $m$  – произвольное подмножество  $M$ .

Значение  $\lambda$  находится из уравнения:

$$\lambda + 1 - \prod_{n=1}^N (1 + \lambda \varphi_n) = 0,
 \tag{14}$$

удовлетворяющего условиям  $\lambda > -1, \lambda \neq 0$ .

Тогда интеграл Шоке для нахождения агрегированной вероятности  $i$ -го предельного состояния,  $i = \overline{1, s}$ , рассчитывается по формуле:

$$\begin{aligned}
 p_i^{c,agr} &= \underset{n}{agr}[p_i^{c(n)}] = \\
 &= \sum_{n=1}^N \left( p_i^{c(\langle n \rangle)} - p_i^{c(\langle n-1 \rangle)} \right) \cdot \varphi \left( m / p_i^{c(j)} \geq p_i^{c(\langle n \rangle)}, j \in m \right),
 \end{aligned}
 \tag{15}$$

где  $p_i^{c(\langle 1 \rangle)}, p_i^{c(\langle 2 \rangle)}, \dots, p_i^{c(\langle N \rangle)}$  – перестановка элементов  $p_i^{c(1)}, p_i^{c(2)}, \dots, p_i^{c(N)}$  такая, что  $p_i^{c(\langle 1 \rangle)} \leq p_i^{c(\langle 2 \rangle)} \leq \dots \leq p_i^{c(\langle N \rangle)}$ .

На основе данной процедуры агрегирования можно построить вектор  $\mathbf{p}^{c,agr} = (p_1^{c,agr}, p_2^{c,agr}, \dots, p_s^{c,agr})$

### 3. Численная апробация оценки статуса системы на основе многомерного нечеткого временного ряда.

Исследуется три показателя по трём временным рядам их значений за 12 периодов:  $x^{(1)} = (5; 6; 6; 5; 6; 6; 5; 6; 6; 5; 6; 6)$ ,  $x^{(2)} = (2; 3; 3; 4; 5; 5; 6; 6; 7; 8; 9; 10)$ ,  $x^{(3)} = (10; 9; 8; 7; 6; 6; 5; 5; 4; 3; 3; 2)$ .

Пусть система может находиться в 4-х нечетких состояниях, лингвистическая шкала которых изображена на рисунке.

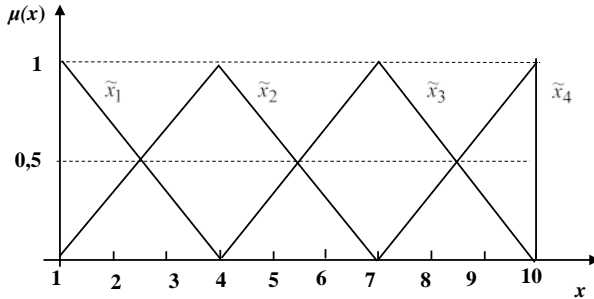


Рисунок. Лингвистическая шкала нечетких состояний системы

Рассчитаем среднее стационарных состояний для первого по порядку временного ряда. Матрица вероятностей переходов будет иметь вид:

$$\mathbf{M} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,42 & 0,58 & 0 \\ 0 & 0,48 & 0,52 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad (16)$$

Соответствующая система уравнений (11) примет вид:

$$\begin{cases} (0,42 - 1)p_2^c + 0,48p_3^c = 0, \\ p_2^c + p_3^c = 1. \end{cases} \quad (17)$$

Решение данной системы уравнений позволяет получить следующий вектор стационарных состояний  $\mathbf{p}^{c(1)} = (0; 0,45; 0,55; 0)$ .

Аналогично получаем решения систем уравнений для двух других исследуемых временных рядов  $\mathbf{p}^{c(2)} = (0,06; 0,15; 0,36; 0,43)$  и  $\mathbf{p}^{c(3)} = (0,38; 0,34; 0,20; 0,08)$ .

Определим параметр  $\lambda$  для вычисления меры Сугено, предположив, что вес первого показателя  $\varphi_1 = 0,6$ , второго  $\varphi_2 = 0,7$ , третьего  $\varphi_3 = 0,2$ . Тогда, решая относительно  $\lambda$  уравнение

$$\lambda + 1 - (1 + \lambda \cdot 0,7)(1 + \lambda \cdot 0,6)(1 + \lambda \cdot 0,2) = 0,$$

при условии  $\lambda > -1, \lambda \neq 0$ , получим  $\lambda \approx -0,82$ .

Определим агрегированное значение предельной вероятности первого нечеткого состояния системы с помощью интеграла Шоке. Для этого предварительно упорядочим показатели по вероятностям первых состояний. Так как  $0 < 0,06 < 0,38$ , то показатели остаются в первоначальном порядке. Тогда мера Сугено для  $m = \{1,2,3\}$  будет равна  $\varphi(1,2,3) = 1$ . Мера Сугено для  $m = \{2,3\}$

$$\varphi(2,3) = \frac{(1 - 0,82 \cdot 0,6)(1 - 0,82 \cdot 0,2) - 1}{-0,82} \approx 0,702. \text{ Мера Сугено для } m = \{3\}$$

$$\varphi(3) = 0,2.$$

С учетом найденных мер Сугено интеграл Шоке будет равен:

$$\begin{aligned} p_1^{c,agr} &= (0 - 0) \cdot \varphi(1,2,3) + (0,06 - 0) \cdot \varphi(2,3) + (0,38 - 0,06) \cdot \varphi(3) = \\ &= 0,06 \cdot 0,702 + 0,32 \cdot 0,2 = 0,106 \end{aligned}$$

Аналогично находим агрегированные значения предельных вероятностей остальных состояний системы:

$$p_2^{c,agr} = 0,376, \quad p_3^{c,agr} = 0,486, \quad p_4^{c,agr} = 0,266.$$

Полученные значения не нормированы. Для нормирования определим их сумму и поделим каждую вероятность на полученную сумму. Окончательно значения агрегированных вероятностей будут иметь значения:

$$p_1^{c,agr} = 0,086, \quad p_2^{c,agr} = 0,305, \quad p_3^{c,agr} = 0,394, \quad p_4^{c,agr} = 0,215.$$

### Заключение.

В работе предложен метод построения дискретной нечеткой цепи Маркова. Определены формулы для элементов матрицы переходных вероятностей, рассчитаны предельные вероятности стационарных нечетких состояний системы. Решена задача агрегирования предельных вероятностей состояний системы с помощью интеграла Шоке на основе меры Сугено, при условии, что система характеризуется многомерными временными рядами показателей.

Численная апробация оценки статуса системы реализована на основе исследования системы, характеризуемой тремя показателями.

Действие этих показателей на оцениваемую систему неравное, поэтому был проведен весовой учёт влияния. С помощью установленных весов была определена мера Сугено, на основе которой рассчитан интеграл Шоке. Проведенные расчеты позволили оценить агрегированные вероятности четырех состояний системы.

### Список литературы

1. Матвеев, М. Г. Дискретная однородная цепь Маркова для нечетких состояний / М. Г. Матвеев, Н. А. Алейникова, А. А. Громковский // Вестник Воронежского государственного университета, серия «Системный анализ и информационные технологии». – 2022. – № 4. – С. 119 - 131.
2. Ярушкіна, Н. Г. Интеллектуальный анализ временных рядов / Н. Г. Ярушкіна, Т. В. Афанасьева, И. Г. Перфильева. – Ульяновск : УлГТУ, 2010. – 320 с.
3. Song, Q. Forecasting enrollments with fuzzy time series – Part I / Q. Song, B. Chissom // Fuzzy Sets and Systems. – №54 (1993). – P. 1 – 9.
4. Song, Q. Forecasting enrollments with fuzzy time series – Part II / Q. Song, B. Chissom // Fuzzy Sets and Systems. – №64 (1994). – P. 1 – 8.
5. Guixiang, W. Fuzzy Event Space and Probability Distribution of Probability Fuzzy Space / W. Guixiang, X. Yifeng, Q. Sen // Mathematics. – 2019. – № 7. – P. 542.
6. Zadeh, L. A. Probability measures and fuzzy events / L. Zadeh // J. Math. Anal. Appl. 23, 421 427 (1968).
7. Detyniecki, M. Mathematical Aggregation Operators and their Application to Video Querying: Thesis for the degree Docteur de l'Universite. Paris, 2000.
8. Леденева, Т. М. Формирование базы знаний на основе выделения типовых состояний сложной системы / Т. М. Леденева, М. А. Сергиенко, Е. А. Тихомирова // Вестник Воронежского государственного университета, серия «Системный анализ и информационные технологии». – 2020. – №1. – С. 140 – 151.
9. Batyrshin, I. Perception Based Time Series Data Mining for Decision Making / I. Batyrshin, L. Sheremetov // IFSA'07 Theoretical Advances and Applications of Fuzzy Logic, pp. 209 – 219.
10. Kosko, B. Neural Networks and Fuzzy Systems: a Dynamical Systems Approach to Machine Intelligence / B. Kosko (Prentice-Hill, 1992).

## Результаты моделирования оценки влияния человеческого капитала на развитие регионов России

В. И. Меденников, email: dommed@mail.ru

Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление»  
Российской академии наук

**Аннотация.** *В данной работе рассматриваются результаты расчетов влияния человеческого капитала на развитие регионов России, основанные на данных проведенного мониторинга в 2022г. сайтов сельскохозяйственных ВУЗов и региональных социально-экономических рейтингов.*

**Ключевые слова:** *сельскохозяйственные ВУЗы, сайты, рейтинги, научно-образовательные ресурсы, мониторинг.*

### Введение

В работе, представленной на данной конференции «Математическая модель оценки влияния человеческого капитала на развитие регионов России с учетом современных тенденций цифровизации», приведены разработанные две математической модели, отражающие влияния человеческого капитала (ЧК) на развитие регионов России: модель формирования и оценки его на уровне ВУЗа и модель формирования и оценки ЧК на уровне региона.

В данной работе представлены практические результаты расчетов на основе данных моделей, для чего в 2022г. был завершен анализ состояния информационных ресурсов, имеющихся на сайтах сельскохозяйственных ВУЗов, на основе проведенного их мониторинга.

Вкратце напомним, что общий критерий формирования и оценки ЧК ВУЗами был задан в виде аддитивной суммы взвешенных групп, общая сумма весов которых равна 1, следующих частных критериев: критерий оценки ЧК по видам представления информационных научно-образовательных ресурсов (ИНОР), критерий оценки ЧК по эффективности использования информационных ресурсов (ИР) методами сайтometрии, критерий оценки ЧК по эффективности использования ИР электронных бирж труда (ЭБТ), критерий оценки ЧК по эффективности использования ИР электронных торговых площадок (ЭТП), критерий оценки ЧК по состоянию ИР из требований Минобрнауки Минобрнауки РФ в соответствии с приказом N 462 от

14.06.2013г. «Порядок проведения самообследования образовательной организацией».

К ИНОР были отнесены следующие ресурсы, представленные, как на сайтах, так и входящие в список научных знаний, наиболее востребованных в экономике АПК [1, 2]: разработки, публикации, консультационная деятельность, нормативно-правовая информация (НПИ), дистанционное обучение (ДО), пакеты прикладных программ (ППП), базы данных (БД), выполняющие триединую роль в росте качества ЧК: поддержка научных исследований, повышение уровня образования (порой переподготовкой) для всех слоев населения, эффективная система трансфера научно-образовательных знаний в экономику. Информационные ресурсы (ИР), включенные в порядок проведения самообследования, были названы вторичными информационными образовательными ресурсами (ВИОР) в отличие от семи видов ИНОР, названными первичными (ПИНОР). При этом эти ИР могут храниться, как в виде информационного каталога, так и в виде полноформатного представления, отнесенных к формам хранения ИР. С другой стороны, хранение ИР в системах управления БД (СУБД) назовем упорядоченным представлением, в противном случае, что наблюдается в большинстве случаев в настоящее время, – неупорядоченным представлением.

### **1. Характеристики параметров методики влияния ЧК на развитие регионов России**

Математические модели, наполненные данными мониторинга, а также параметрами весов показателей критериев оценки формирования и оценки ЧК, представляют собой соответствующие методики оценки ЧК. При этом значения весов показателей критериев оценки формирования и оценки ЧК ВУЗами определим в соответствии с приведенными данными в [3] на основе экспертных оценок, полученных путем анализа различных статей специалистов в области образования, методик расчета различных рейтингов образовательных учреждений, анкетирования преподавателей РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, а также применением соответствующих статистических методов.

В соответствии с этим в табл. 1-8 приведены характеристики параметров методики.

Таблица 1

*Характеристики уровня интеграции ПИНОР*

№ п/п	Характеристика	$\alpha_i^1$
1	Неупорядоченное хранение	10

Окончание таблицы 1

№ п/п	Характеристика	$\alpha_i^1$
2	Упорядоченное хранение	90
	ИТОГО	100

Таблица 2

*Характеристики форм хранения ПИНОР*

№ п/п	Характеристика	$\alpha_i^2$ (%)
1	Неупорядоченное хранение	30
2	Упорядоченное хранение	70
	ИТОГО	100

Таблица 3

*Характеристики видов представления ПИНОР*

№ п/п	Характеристика	$\alpha_i^3$
1	Представление в виде разработок	30
2	Представление в виде публикаций	20
3	Представление в виде БД	5
4	Представление в виде ППП	5
5	Представление в виде дистанционного обучения	5
6	Представление в виде количества консультантов	30
7	Представление в виде нормативно-правовой информации	5
	ИТОГО	100

Таблица 4

*Частные критерии оценки человеческого капитала*

№ п/п	Характеристика	$\beta_i$
1	Критерий оценки ЧК по видам представления ПИНОР	50
2	Критерий оценки ЧК по эффективности использования ИР сайтометрическими методами	10
3	Критерий оценки ЧК по эффективности использования ИР ЭТБ	15

Окончание таблицы 4

№ п/п	Характеристика	$\beta_i$
4	Критерий оценки ЧК по эффективности использования ИР ЭБТ	10
5	Критерий оценки ЧК по видам представления ВИОР	15
ИТОГО		100

Таблица 5

*Характеристики оценки ЧК сайтометрическими методами*

№ п/п	Характеристика	Количество показателей	$\omega_r^2$
1	Индексация	4	10
2	Каталоги	2	10
3	Рейтинги	3	25
4	Социальные сервисы	1	5
5	Ссылки на сайт	6	40
6	Ссылки с сайта	3	10
ИТОГО		19	100

Таблица 6

*Характеристики критерия оценки ЧК по состоянию ЭТП*

№ п/п	Характеристика	$\beta_j$
1	Доска объявлений в неструктурированном виде	5
2	Доска объявлений с поисковыми атрибутами	10
3	Наличие поиска торгового партнера по заданному критерию оптимальности	20
4	Автоматизация лишь информационных процессов торговых операций	25
5	Полная реализация автоматизации ЭТП	40
ИТОГО		10



Таблица 7

*Характеристики критерия оценки ЧК по состоянию ЭБТ*

№ п/п	Характеристики	$\omega_g^4$
1	Доска объявлений в неструктурированном виде	10
2	Доска объявлений с поисковыми атрибутами	20
3	ЭБТ с реализацией автоматизированного поиска	60
4	Наличие ссылок на прочие биржи труда	10
ИТОГО		100

Характеристики критерия оценки ЧК по видам представления ВИОР приводить в данной работе не будем в силу большого размера. Сошлемся для этого на работу [3].

Таблица 8

*Региональные рейтинги и ссылки на их размещение в Интернете*

№	Наименование рейтинга	Ссылка	Вес
1	Рейтинг социально-экономического развития	<a href="https://riarating.ru/infografika/20210531/630201353.html">https://riarating.ru/infografika/20210531/630201353.html</a>	25
2	Рейтинг эффективности губернаторов регионов	<a href="https://governors.ru/rating">https://governors.ru/rating</a>	15
3	Индекс научно-технологического развития субъектов РФ	<a href="http://vid1.rian.ru/ig/ratings/regions_R&amp;D_20.pdf">http://vid1.rian.ru/ig/ratings/regions_R&amp;D_20.pdf</a>	10
4	Рейтинг регионов по эффективности работы АПК	<a href="https://www.agroinvestor.ru/analytics/news/34201-analitiki-sostavili-reyting-regionov-po-effektivnosti-raboty-apk/">https://www.agroinvestor.ru/analytics/news/34201-analitiki-sostavili-reyting-regionov-po-effektivnosti-raboty-apk/</a>	50

**2. Результаты расчетов рейтингов ВУЗов и регионов**

В таб. 9 представлены результаты расчетов рейтингов ВУЗов по общему критерию оценки ЧК и региональных рейтингов, в частности, обобщенных региональных рейтингов, а также соотношение их с интегральными рейтингами региональных ВУЗов. При этом рассматриваются лишь те регионы, где есть аграрные ВУЗы. Исключены также регионы, такие как Москва, Санкт-Петербург и Татарстан, где имеются несколько аграрных ВУЗов, которые характеризуются

значительно различающимися интегральными рейтингами, так что корректно сопоставить региональные и образовательные рейтинги не представляется возможным. Для этого пришлось бы проводить дополнительные исследования.

В таб. 9 приняты обозначения:

n1 – рейтинг социально-экономического развития

n2 – рейтинг эффективности губернаторов регионов

n3 – рейтинг по индексу научно-технологического развития субъектов РФ

n4 – рейтинг регионов по эффективности работы АПК

n5 – обобщенный региональный рейтинг

n6 – рейтинг региональных ВУЗов по оценке ЧК

Таблица 9

*Региональные рейтинги и рейтинги ВУЗов по оценке ЧК*

Регион	Рейтинги						
	n1	n2	n3	n4	n5	n6	n6-n5
Алтайский край	26	39	33	23	27,15	21,5	-5,65
Белгородская область	8	16	16	3	7,5	1	-6,5
Брянская область	29	36	30	7	19,5	8	-11,5
Волгоградская область	17	35	23	9	16,3	34	+17,7
Вологодская область	15	38	25	31	27,5	12	-15,5
Воронежская область	9	21	7	2	7,5	29	+21,5
Еврейская автономная область	46	37	46	46	44,4	25	-19,4
Ивановская область	39	20	40	28	30,8	51	+20,2
Иркутская область	13	17	29	8	12,7	42	+29,3
Кабардино-Балкарская Республика	44	27	43	44	41,4	31	-10,4
Кемеровская область	25	22	36	41	33,7	14,5	-19,2
Кировская область	35	31	20	17	23,9	27	+3,1
Костромская область	40	44	41	25	33,2	43	+9,8
Краснодарский край	3	7	31	1	5,4	28	+22,6
Красноярский край	2	6	14	30	17,8	10,5	-7,3
Курганская область	42	40	34	39	39,4	44,5	+5,1
Курская область	21	11	22	6	12,1	26	+13,9
Нижегородская область	6	4	1	21	12,7	33	+23,3
Новосибирская область	14	25	11	15	15,9	13	-2,9
Омская область	19	33	17	34	28,4	17	-11,4

Регион	Рейтинги						
	n1	n2	n3	n4	n5	n6	n6-n5
Курская область	21	11	22	6	12,1	26	+13,9
Нижегородская область	6	4	1	21	12,7	33	+23,3
Новосибирская область	14	25	11	15	15,9	13	-2,9
Омская область	19	33	17	34	28,4	17	-11,4
Оренбургская область	16	42	38	27	27,6	19	-8,6
Орловская область	38	46	37	18	29,1	31	+1,9
Пензенская область	32	29	19	13	20,6	38	+17,4
Пермский край	12	10	3	19	14,3	16	+1,7
Приморский край	18	3	26	20	17,6	44,5	+26,9
Псковская область	43	28	42	16	27,2	35	+7,8
Республика Башкортостан	10	14	8	11	10,9	4,5	-6,4
Республика Бурятия	41	43	39	43	42,1	23,5	-18,6
Республика Дагестан	31	9	45	35	31,1	46,5	+15,1
Республика Саха (Якутия)	22	15	32	45	33,5	41	+7,5
Республика Северная Осетия — Алания	45	30	44	40	40,2	37	-3,2
Ростовская область	7	34	10	4	9,85	9	-0,85
Рязанская область	27	23	13	29	26	14,5	-11,5
Самарская область	5	2	2	5	4,6	23,5	+18,9
Саратовская область	20	18	21	24	21,8	4,5	-17,3
Свердловская область	1	8	6	22	13,1	49	+35,9
Смоленская область	37	41	35	42	39,9	54	+14,1
Ставропольский край	23	45	28	10	20,3	6	-14,3
Тамбовская область	34	26	27	14	22,1	18	-4,1
Тверская область	30	13	24	36	29,9	46,5	+16,6
Тюменская область	3	1	5	37	20,9	31	+10,1
Удмуртская Республика	28	12	18	33	27,1	20	-7,1
Ульяновская область	36	32	4	38	33,2	52	+18,8
Челябинская область	11	5	9	26	17,4	50	+32,6
Чувашская Республика	33	24	15	12	19,4	39,5	+21,1
Ярославская область	24	19	12	32	26,1	36	+9,9

Заметим, что данные в последней колонке теоретически означают следующее. Положительное значение выражает факт, что ЧК в регионе недостаточно развит по разным причинам: недостаток финансирования, слабый преподавательский состав, программа обучения не соответствует требованиям региона и т.д. Для выявления причин

необходимо разработать и провести дополнительное анкетирование ВУЗов и регионов. Отрицательное же значение означает, что ЧК в регионе недостаточно используется региональными властями и бизнесом. Здесь также много причин: недостаточная инновационная деятельность в регионе, потребность региона в специалистах меньше потенциала ЧК образовательных учреждений, большая миграция выпускников из региона, программа обучения завышена относительно региональных требований и т.д. Нахождение значения в некоторых допустимых пределах ведет к сбалансированности потенциала ЧК образовательных учреждений и потребностей региона в специалистах. По факту же даже визуально видна большая вариативность региональных рейтингов, что сказывается и на их соотношениях с вузовскими.

Данная закономерность статистически подтверждена расчетами коэффициентов корреляции Спирмена (табл. 10) [1, 4].

Таблица 10

*Матрица коэффициентов корреляции Спирмена для региональных рейтингов*

Рейтинги	n1	n2	n3	n4	n6
n1	1	0,59**	0,69**	0,48**	0,324
n2	-	1	0,51**	0,14	-0,107
n3	-	-	1	0,37*	0,184
n4	-	-	-	1	0,31
n6	-	-	-	-	1

В табл. 10 знаком «\*» помечены значения, которые статистически значимы с вероятностью <5%, знаком «\*\*» – с вероятностью <1%. Значения остальных коэффициентов статистически значимы с вероятностью >5%. Таким образом рейтинг ВУЗов статистически значимо не коррелирует с региональными рейтингами. Внутри региональных рейтингов (рейтинги 1-4) в основном наблюдается корреляции между рейтингами, хотя и слабая, но статистически значимая.

### **Заключение**

Исследования показали, что в настоящее время значительно увеличился цифровой разрыв между современным состоянием и потенциалом технологий разработки и наполнения контентом сайтов

ВУЗов для эффективной поддержки научных исследований, повышения уровня образования для всех слоев населения, эффективной системы трансфера научно-образовательных знаний в экономику, что явилось бы адекватным ответом на появившиеся требования г бизнеса, управленцев, населения в жестких условиях действия санкций и пандемии [5]. Однако, из-за принятых мер по стимулированию лишь публикационной результативности научных работников со стороны регулирующих органов [6] за период с 2017 по настоящее время на сайтах аграрных ВУЗов число разработок снизились с 4660 до 3359, БД – с 675 до 0, число консультантов – с 259 до 76, что соответствующим образом отразилось на региональных оценках ЧК. Таким образом, в работе продемонстрирована отрицательная корреляция требований рынка, проявившихся в виде рейтингов регионов, и состоянием ЧК в условиях санкций в аграрной сфере.

### Список литературы

1. Меденников, В. И. Методика оценки эффективности использования информационных научно-образовательных ресурсов / В. И. Меденников, Л. Г. Муратова, С. Г. Сальников. – М. : Аналитик, 2017. – 250 с.
2. Зацаринный, А. А. Системные аспекты технологии управления научными и образовательными сервисами / А.А. Зацаринный, А.П. Шабанов // Открытое образование. – 2017. – Т.21, №2. – С. 88-96.
3. Казаренков, И. Г. Управление человеческим капиталом в условиях цифровизации экономики: оценка его влияния на экономический рост, конкурентоспособность, социальное благополучие и развитие общества / И.Г. Казаренков, И.Г. Каменев, Т.В. Кокуйцева [и др.]. – М. : Российский университет дружбы народов (РУДН), 2020. – 214 с. – ISBN 978-5-209-10196-3.
4. Айвазян, С. А. Теория вероятностей и прикладная статистика / С. А. Айвазян, В. С. Мхитарян – М. : ЮНИТИ. – ДАНА, 2001. – 656 с.
5. Какие проблемы сельского хозяйства выявил коронавирус [Электронный ресурс] : – Режим доступа: <https://www.dairynews.ru/news/kakie-problemy-selskogo-khozyaystva-vyyavil-korona.html>
6. Методика расчета качественного показателя «Комплексный балл публикационной результативности» для научных организаций, подведомственных Министерству науки и высшего образования Российской Федерации, на 2020 год [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://minobrnauki.gov.ru/upload/Methodika\\_novaya.pdf](https://minobrnauki.gov.ru/upload/Methodika_novaya.pdf)

## Матричное представление классических операций над автоматами

В. В. Меньших, email: menshikh@list.ru

В. А. Никитенко, email: vitalijnikitenko82043@gmail.com

Воронежский институт МВД России

**Аннотация.** Показан матричный подход интерпретации операций над автоматами, рассмотрен численный пример реализации.

**Ключевые слова:** алгебра автоматов, матрица соединений, автоматы, операции над автоматами, чрезвычайное обстоятельство.

### Введение

Для успешной ликвидации чрезвычайного обстоятельства необходимо учитывать большой спектр факторов, которые влияют на проведение специальной операции по ликвидации ЧО. В подавлении ЧО учувствуют подразделения ОВД, у каждого из которых есть определенный функционал, в зависимости от вида ЧО. Для того чтобы ЧО было ликвидировано в кратчайшие сроки и с минимальными потерями необходимо правило координировать и осуществлять выбор действия подразделений [1]. Данная задача не является тривиальной в силу того, что необходимо учитывать достаточно большое количество нюансов при координации действий подразделений: вид ЧО, численный масштаб ЧО, количество подразделений и их численный состав, число нарушителей, местность; также необходимо производить прогнозы: жертв среди гражданского населения и сотрудников ОВД, ущерба, который будет нанесен ОВД и различным инфраструктурам. Решением поставленной задачи может выступать синтез отдельных подразделений в единую систему.

В качестве математического аппарата будет использован аппарат теории автоматов [2-7] потому, что составление автоматной модели действий отдельного подразделения более простая задача. После того как были составлены автоматные модели каждого подразделения необходимо осуществить синтез полученных автомат. Для синтеза автомат будет использована алгебра автоматов, которая позволяет осуществлять операции над ними. Полученные автоматные модели позволят описывать систему действий ОВД с учетом большего количества факторов, что в свою очередь позволит координировать их действия.

## 1. Матричное представление автомата

Один из способов программной реализации операций над автоматами это представление автомата в матричной форме. Рассмотрим один из способов представления автомата Мили в виде матрицы соединений.

Пусть задан автомат Мили  $A = (X, Y, Q, F)$ , где  $X$  – входной алфавит;  $Y$  – выходной алфавит;  $Q$  – множество состояний;  $F$  – оператор, описывающий переходы из состояния в состояние и соответствующие им выходы в зависимости от поступающих входов.

Для дальнейшего удобства представления в матричной форме запишем оператор в следующем виде:

$$\left\{ Fq^i = \left\{ q^i \left( x^{j_1} / y^{k_1} \right), \dots, q^i \left( x^{j_i} / y^{k_i} \right), \dots, q^{i_{n_i}} \left( x^{j_{n_i}} / y^{k_{n_i}} \right), i = \overline{1, |Q|} \right\} \right\}$$

Тогда матрицу соединений можно представить следующим образом

$$R_A = (r_{ij})_{i, j = \overline{1, |Q|}},$$

где 
$$r_{ij} = \begin{cases} x / y, \text{ если } q^j \in Fq^i \text{ по входному} \\ \text{символу } x \text{ и выходному символу } y, \\ 0, \text{ если иначе.} \end{cases}$$

Будем говорить, что матрицей  $R_A$  называется матрица соединений автомата  $A$ .

## 2. Матричное представление операций над автоматами

Пусть

$$R_{A_1} = (r_{ij})_{i, j = \overline{1, |Q_{A_1}|}} \text{ и } R_{A_2} = (r_{kl})_{k, l = \overline{1, |Q_{A_2}|}},$$

где 
$$r_{ij} = \begin{cases} x_{A_1} / y_{A_1}, \text{ если } q_{A_1}^j \in F_{A_1} q_{A_1}^i \text{ по входному} \\ \text{символу } x_{A_1} \text{ и выходному символу } y_{A_1}, \\ 0, \text{ если иначе,} \end{cases}$$

$$r_{kl} = \begin{cases} x_{A_2} / y_{A_2}, \text{ если } q_{A_2}^l \in F_{A_2} q_{A_2}^k \text{ по входному} \\ \text{символу } x_{A_2} \text{ и выходному символу } y_{A_2}, \\ 0, \text{ если иначе.} \end{cases}$$

матрицы соединений автоматов (1) и (2) соответственно, тогда матрица соединений  $R_{\Pi}$  автомата  $\Pi = A_1 \times A_2$  равна прямому произведению матриц  $R_{A_1}, R_{A_2}$

$$R_{\Pi} = R_{A_1} \times R_{A_2} = (r_{ij,kl})$$

где  $r_{ij} = \begin{cases} \{x_{A_1}, x_{A_2}\} / \{y_{A_1}, y_{A_2}\}, & \text{если } r_{ij} = x_{A_1} / y_{A_1} \text{ и } r_{kl} = x_{A_2} / y_{A_2}, \\ 0, & \text{если иначе.} \end{cases}$

Матрица соединений  $R_{\Sigma}$  автомата  $\Sigma = A_1 + A_2$  определяется следующим образом

$$R_{\Sigma} = (R_{A_1} \times E_{A_2}) + (E_{A_1} \times R_{A_2})$$

где  $E_{A_1}, E_{A_2}$  – единичные матрицы порядка  $R_{A_1}, R_{A_2}$  соответственно, операция  $\times$  понимается как прямое произведение матриц  $R_{A_1}, E_{A_2}$  и  $E_{A_1}, R_{A_2}$ , операция  $+$  как сумма матриц  $(R_{A_1} \times E_{A_2})$  и  $(E_{A_1} \times R_{A_2})$ .

Матрица соединений  $R_K$  автомата  $K = A_1 \circ A_2$  определяется следующим образом

$$R_{\Pi} = R_{A_1} \circ R_{A_2} = (r_{ij,kl})$$

где  $r_{ij} = \begin{cases} \{x_{A_1}, x_{A_2}\} / \{y_{A_1}, y_{A_2}\}, & \text{если } y_{A_1} = x_{A_2} \text{ или } y_{A_2} = x_{A_1}, \\ 0, & \text{если иначе.} \end{cases}$

Матрица соединений  $R_C$  автомата  $C = A_1 + A_2$  определяется следующим образом

$$R_C = R_{A_1} + R_{A_2}.$$

### 3. Численный пример

Предположи, что функционирование ОВД при ликвидации ЧО описывается следующими автоматами  $A_1 = (X_{A_1}, Y_{A_1}, Q_{A_1}, F_{A_1})$ ,  $A_2 = (X_{A_2}, Y_{A_2}, Q_{A_2}, F_{A_2})$ , где  $X_{A_1} = \{x_{A_1}^1, x_{A_1}^2\}$ ,  $Y_{A_1} = \{y_{A_1}^1, y_{A_1}^2\}$ ,  $Q_{A_1} = \{q_{A_1}^1, q_{A_1}^2\}$ ,  $X_{A_2} = \{x_{A_2}^1, x_{A_2}^2, x_{A_2}^3, x_{A_2}^4\}$ ,  $Y_{A_1} = \{y_{A_1}^1, y_{A_1}^2, y_{A_1}^3, y_{A_1}^4\}$ ,  $Q_{A_2} = \{q_{A_2}^1, q_{A_2}^2, q_{A_2}^3\}$ , а операторы  $F_{A_1}$  и  $F_{A_2}$  представим в виде:



Таблица 1

Оператор  $F_{A_1}$ 

$F_{A_1}$	$q_{A_1}^1$	$q_{A_1}^2$
$q_{A_1}^1$	-	$x_{A_1}^1 / y_{A_1}^1$
$q_{A_1}^2$	$x_{A_1}^2 / y_{A_1}^2$	-

Таблица 2

Оператор  $F_{A_2}$ 

$F_{A_2}$	$q_{A_2}^1$	$q_{A_2}^2$	$q_{A_2}^3$
$q_{A_2}^1$	-	$x_{A_2}^1 / y_{A_2}^1$	$x_{A_2}^2 / y_{A_2}^2$
$q_{A_2}^2$	$x_{A_2}^3 / y_{A_2}^3$	-	-
$q_{A_2}^3$	-	$x_{A_2}^4 / y_{A_2}^4$	-

Задача: «Определить автомат описывающий функционирование подразделений ОВД с синхронной сменой состояний». Переформулируем задачу следующим образом: вычислить автомат  $A_3 = A_1 \times A_2$ , который является автоматом интерпретирующий работу автоматов  $A_1, A_2$  с синхронной сменой состояний [8].

Матрицы соединений автоматов  $A_1, A_2$  имеют вид

$$R_{A_1} = \begin{pmatrix} 0 & x_{A_1}^1 / y_{A_1}^1 \\ x_{A_1}^2 / y_{A_1}^2 & 0 \end{pmatrix},$$

$$R_{A_2} = \begin{pmatrix} 0 & x_{A_2}^1 / y_{A_2}^1 & x_{A_2}^2 / y_{A_2}^2 \\ x_{A_2}^3 / y_{A_2}^3 & 0 & 0 \\ 0 & x_{A_2}^4 / y_{A_2}^4 & 0 \end{pmatrix}.$$

Вычислим  $X_{A_3}$ .

$$X_{A_1} \times X_{A_2} = \left\{ \left\{ x_{A_1}^1, x_{A_2}^1 \right\}, \left\{ x_{A_1}^1, x_{A_2}^2 \right\}, \left\{ x_{A_1}^1, x_{A_2}^3 \right\}, \left\{ x_{A_1}^1, x_{A_2}^4 \right\}, \right. \\ \left. \left\{ x_{A_1}^2, x_{A_2}^1 \right\}, \left\{ x_{A_1}^2, x_{A_2}^2 \right\}, \left\{ x_{A_1}^2, x_{A_2}^3 \right\}, \left\{ x_{A_1}^2, x_{A_2}^4 \right\} \right\}$$

Переобозначим элементы множества  $X_{A_1} \times X_{A_2}$  следующим образом  $\{x_{A_1}^i, x_{A_2}^j\} = x^{ij}$ , тогда множество  $X_{A_1} \times X_{A_2}$  имеет следующий вид:

$$\{x^{11}, x^{12}, x^{13}, x^{14}, x^{21}, x^{22}, x^{23}, x^{24}\}.$$

Аналогично вычислим  $Y_{A_3}$  с учетом обозначения, получаем

$$Y_{A_3} = \{y^{11}, y^{12}, y^{13}, y^{14}, y^{21}, y^{22}, y^{23}, y^{24}\}.$$

Множество состояний будет иметь вид

$$Q_{A_3} = \{q^{11}, q^{12}, q^{13}, q^{21}, q^{22}, q^{23}\}.$$

Для вычисления  $F_{A_3}$  воспользуемся матричным представлением автоматов  $A_1, A_2$ .

$$R_{A_3} = \begin{pmatrix} 0 & x_{A_1}^1 / y_{A_1}^1 \\ x_{A_1}^2 / y_{A_1}^2 & 0 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 0 & x_{A_2}^1 / y_{A_2}^1 & x_{A_2}^2 / y_{A_2}^2 \\ x_{A_2}^3 / y_{A_2}^3 & 0 & 0 \\ 0 & x_{A_2}^4 / y_{A_2}^4 & 0 \end{pmatrix} =$$

$$= \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & x^{11} / y^{11} & x^{12} / y^{12} \\ 0 & 0 & 0 & x^{13} / y^{13} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & x^{14} / y^{14} & 0 \\ 0 & x^{21} / y^{21} & x^{22} / y^{22} & 0 & 0 & 0 \\ x^{23} / y^{23} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & x^{24} / y^{24} & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

### Заключение

В результате были получены матричные операции над автоматами, которые позволяют построить численный метод реализации операций над автоматами. Рассмотрен численный пример применения матричного представления автомата и вычисления автомата интерпретирующий синхронную смену состояний автоматов.

### Список литературы

1. Меньших, А. В. Модель и численный метод оптимизации выбора действий органов внутренних дел при возникновении чрезвычайных обстоятельств криминального характера /

А. В. Меньших, В. В. Горлов // Вестник Воронежского института МВД России. – 2016. – № 2. – С. 213-221.

2. Меньших, В. В. Теоретическое обоснование и синтез математической модели защищенной информационной системы ОВД как сети автоматов / В. В. Меньших, Е. В. Петрова // Вестник Воронежского института МВД России. – 2010. – № 3. – С. 134-143.

3. Меньших, В. В. Обоснование выбора математического аппарата для моделирования действий органов внутренних дел при возникновении чрезвычайных обстоятельств / В. В. Меньших, В. В. Горлов, В. А. Никитенко // Вестник Воронежского института ФСИН России. – 2022. – № 4. – С. 135-141.

4. Горбатов, В. А. Фундаментальные основы дискретной математики. Информационная математика. – М.: Наука. Физматлит, 2000. – 544 с.

5. Калман, Р. Э. Очерки по математической теории систем: пер. с англ. / Р. Э. Калман, П. Л. Фалб., М. А. Арbib; под ред. Я. З. Цыпкина, Э. Л. Напельбаума. – М.: Едиториал УРСС, 2004. – 400 с.

6. Корчагин, А. В. Автоматная модель чрезвычайной ситуации техногенного характера / А. В. Корчагин // Международна научна школа "Парадигма". Лято-2015 : сборник научни статии в 8 тома, ВАРНА, 20-23 августа 2015 года. – ВАРНА: ЦЕНТЪР ЗА НАУЧНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ И ИНФОРМАЦИЯ "ПАРАДИГМА", 2015. – С. 68-72.

7. Кудрявцев, В. Б. Введение в теорию автоматов / В. Б. Кудрявцев, С. В. Алешин, А. С. Подколзин – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1985. – 320 с.

8. Мелихов, А. Н. Ориентированные графы и конечные автоматы / А. Н. Мелихов – М.: "Наука", 1971. – 416 с.

## Алгоритмическое обеспечение рекомендательных систем в сфере электронной коммерции

В. И. Пименов, email: v\_pim@mail.ru<sup>1</sup>

Т. С. Аникина, email: tanyanikina@gmail.com<sup>1</sup>

И. В. Пименов, email: i-pim@mail.ru<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

<sup>2</sup> Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова

**Аннотация.** *Рассматриваются алгоритмы создания персонализированных рекомендаций, в разной степени опирающиеся на данные о характеристиках товаров или услуг, оценки продуктов и профили пользователей. Предлагается подход к выявлению с помощью нейронной сети явных и латентных причинно-следственных связей между существенными характеристиками товара или услуги, его показателями качества и оптимизации рекомендаций на основе концепции доминирования.*

**Ключевые слова:** *электронная коммерция, маркетплейс, рекомендательная система, машинное обучение, нейронная сеть, коллаборативная фильтрация, кластеризация, Парето-оптимизация.*

### Введение

Электронная коммерция – активно развивающаяся сфера цифровой экономики, которая включает в себя финансовые и торговые транзакции, осуществляемые при помощи компьютерных сетей, и бизнес-процессы, связанные с проведением таких транзакций.

К электронной коммерции относят:

- электронную торговлю (e-trade),
- электронный маркетинг (e-marketing),
- электронный банкинг (e-banking),
- электронные страховые услуги (e-insurance),
- электронные деньги (e-cash) и т. д.

Площадки электронной торговли могут использовать разные схемы торговли: B2B (business-to-business) – “бизнес-бизнес”, B2C (business-to-consumer) – “бизнес-потребитель” и C2C (consumer-to-consumer) – “потребитель-потребитель”, представляющую торговые отношения между физическими лицами.

Самые распространенные предприятия электронной торговли – маркетплейсы, выступающие связующим звеном между потребителем и продавцом и работающие по схеме B2C.

Маркетплейс предлагает своим покупателям товары от разных продавцов, причем один и тот же товар может быть представлен несколькими продавцами, зарегистрированными на площадке. Наиболее известные маркетплейсы, относящиеся к сегменту B2C торговли – это российские интернет-компании OZON и WildBerries, китайский гипермаркет AliExpress, американские маркетплейсы Amazon и eBay.

Преимуществами модели электронной торговой площадки перед обычными интернет-магазинами являются широкий выбор товаров и удобство для покупателей.

Поскольку крупные маркетплейсы ежедневно обрабатывают сотни тысяч заказов, возникает проблема генерирования больших объемов данных и использования их скрытого потенциала для увеличения продаж. Ключевыми задачами при управлении сервисами торговой площадки становятся не просто создание аналитических отчетов и интерактивных визуализаций данных, но и выработка рекомендаций, основанных на методах принятия решений в условиях многокритериальности и многомерности данных.

Целью рекомендательных систем, использующих методы интеллектуального анализа данных, является расширение клиентской базы компании и повышение продаж за счет тщательно подобранных предложений.

Работы в сфере разработки рекомендательных систем связаны с применением глубокого машинного обучения и анализа временных рядов, позволяющих посредством рекомендаций предвидеть сезонные покупки, создавать персонализированные посадочные страницы для пользователей [1].

Примерно 35 % покупок на маркетплейсе Amazon являются результатом использования рекомендательной системы. Также около 75 % контента, который пользователи смотрят на стриминговом сервисе Netflix, основаны на рекомендациях [2].

## **1. Использование методов интеллектуального анализа данных на предприятиях электронной торговли**

Методы интеллектуального анализа данных и алгоритмы машинного обучения могут применяться торговыми онлайн-площадками для решения различных задач, приведенных в таблице.

Одними из самых мощных систем искусственного интеллекта, которые предприятия электронной торговли внедряют для увеличения продаж, являются рекомендательные системы. Их основной целью

является выдача рекомендации по продуктам и услугам на основе предпочтений пользователя или его прошлых действий.

Таблица

*Примеры применения интеллектуального анализа данных*

<b>Метод</b>	<b>Сфера, задача</b>
Классификация	Веб-аналитика: прогнозирование оттока пользователей и обнаружение мошенничества. Торговля: построение модели предсказания рекомендательной системы. Финансовая сфера: оценка кредитоспособности
Регрессия	Финансовая сфера: оценка допустимого кредитного лимита
Прогнозирование временного ряда	Торговля: прогнозирование продаж. Финансовая сфера: прогнозирование цен на акции
Кластеризация	Торговля, финансовая сфера: сегментация клиентов, персонализация контента и построение рекомендательной системы
Аффинитивный анализ	Торговля: анализ потребительской корзины
Анализ последовательностей	Веб-аналитика: анализ переходов по страницам веб-сайта
Анализ отклонений	Веб-аналитика: обнаружение спама и мошенничества. Финансовая сфера: выявление мошенничества с банковскими картами

Для учета опыта взаимодействия пользователя и увеличения его вовлеченности с помощью рекомендательной системы требуется реализовать ряд этапов обработки данных, которые укрупненно выглядят следующим образом:

- извлечение данных из хранилища,
- преобразование данных в «плоский» файл надлежащего формата,
- выполнение сценария интеллектуального анализа, включающего совокупность методов Data Mining,
- интерпретация результатов анализа в терминах бизнес-концепций.

Построение рекомендательной системы – объемная и сложная задача, требующая современного алгоритмического обеспечения и больших вычислительных ресурсов. Для решения этого типа задач задействуется глубокое обучение нейронных сетей.

## 2. Построение прогнозов в рекомендательной системе

Рекомендательные системы нацелены на то, чтобы предсказать интересы пользователей и рекомендовать продукты, которые, скорее всего, будут им интересны.

Типичная архитектура рекомендательной системы приведена на рис. 1.

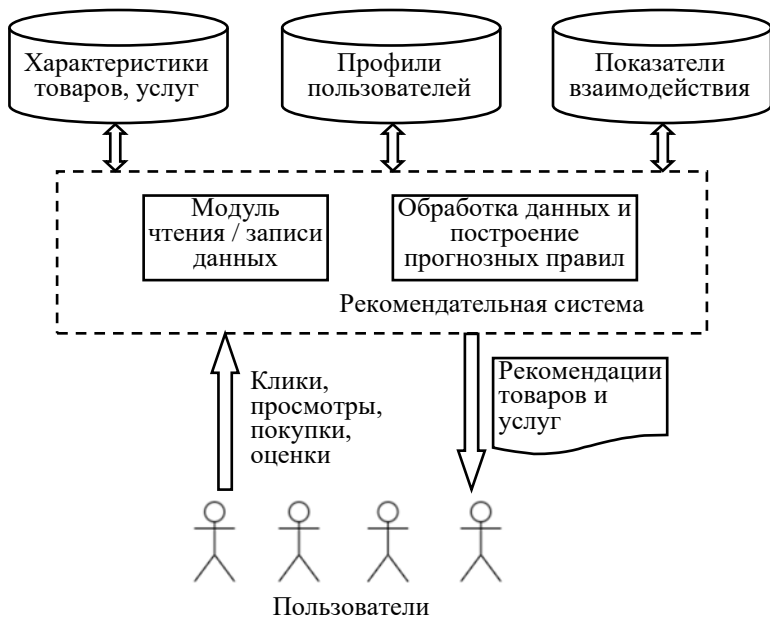


Рис. 1. Архитектура рекомендательной системы

Данные, используемые для построения рекомендаций, можно разделить на две категории:

- характеристики  $X$  товаров, услуг (функции, технические показатели, параметры, конструктивные особенности, цвет и материал, эргономичность, условия эксплуатации, условия предоставления услуги, цена) и профили пользователей  $U$  (возраст, пол, интересы, предпочтения),

- показатели качества  $Y$  товаров или услуг, формируемые в процессе взаимодействия с ними пользователей (количество покупок, рейтинги, число лайков).

Показатели качества основаны на запросах поисковых систем и истории покупок, на явных оценках пользователей после просмотра фильма, прослушивания песни или на другой информации о взаимодействии пользователей и товаров. Такие сайты, как Spotify, YouTube или Netflix, используют такие данные, чтобы предлагать плейлисты, ежедневные миксы или давать рекомендации по видеоконтенту.

Каждый материальный или информационный продукт по показателю качества может быть классифицирован, например, как товар с низким, средним или высоким рейтингом. Соответственно, характеристики товаров или услуг могут использоваться как входные показатели при построении модели классификации, которая фиксирует взаимосвязь между особенностями продукта и значениями его показателя качества. Эту модель также можно использовать для прогнозирования того, как пользователи будут оценивать новые продукты.

Рекомендательная система получает отзывы от конечных пользователей и запускает алгоритм генерации рекомендаций. Используя данные о пользователях, товарах и их взаимодействиях, алгоритм обновляет предпочтения пользователей. Затем система рекомендует список товаров или услуг, которые могут заинтересовать текущего пользователя, исходя из перечня его предпочтений.

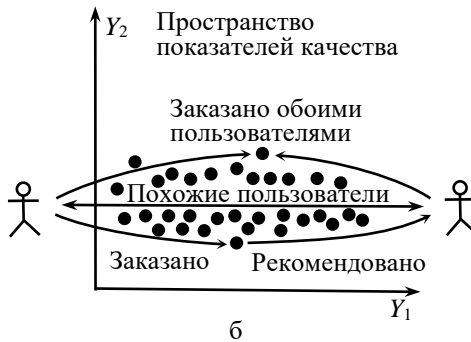
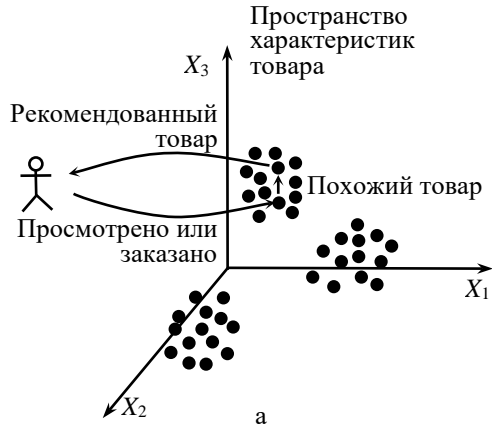
Существуют различные алгоритмы создания персонализированных рекомендаций, в разной степени опирающиеся на данные определенной категории:

- алгоритмы фильтрации на основе контента, в которых используется профиль пользователя и характеристики товаров, услуг;
- алгоритмы совместной (коллаборативной) фильтрации, в которых ищется группа схожих пользователей и используются показатели, формируемые в процессе взаимодействия пользователей с предложениями торговой площадки;
- гибридные алгоритмы, объединяющие обе категории данных.

Алгоритмы фильтрации на основе контента дают рекомендации, используя профили пользователя и связанных товаров. Предполагается, что если пользователь интересовался товаром в прошлом, он заинтересуется аналогичным товаром в будущем (рис. 2, а). Похожие товары группируются на основе их характеристик, например, с



помощью алгоритмов кластеризации. Алгоритм может использовать новые товары без учета их рейтинга. Профили пользователей создаются при регистрации в системе путем явного опроса об их интересах, а также в ходе взаимодействий пользователей с системой или извлекаются из социальных сетей.



*а – фильтрация на основе контента, б – совместная (коллаборативная) фильтрация*

*Рис. 2. Существующие подходы к фильтрации*

Одна из проблем фильтрации на основе контента – выдача тривиальных рекомендаций из-за чрезмерной типизации. Например, если пользователя  $A$  интересуют только группы  $B$ ,  $C$  и  $D$ , то система не может рекомендовать товары вне этих категорий, даже если они могут быть ему интересны. Еще одна распространенная проблема

заключается в том, что новые пользователи не имеют определенного профиля, если только у них явно не запрошена информация о предпочтениях.

Совместная фильтрация в настоящее время является одним из наиболее часто используемых подходов и обычно дает лучшие результаты, чем рекомендации на основе контента. Такие алгоритмы для фильтрации интересующих пользователя товаров используют матрицу показателей качества  $(y_{i,j})$ , где каждый элемент  $y_{i,j}$  представляет собой оценку  $i$ -м пользователем  $j$ -го товара. Если пользователь не оценил продукт, то соответствующий элемент остается пустым. На этапе формирования рекомендаций алгоритм рассчитывает для текущего пользователя вектор показателей качества, в котором пустые элементы заменяются прогнозными значениями на основе оценок, выставленных “похожими” пользователями.

Алгоритмы совместной фильтрации используют логические правила, например: если пользователю нравится товар  $A$ , а другому пользователю нравится тот же товар  $A$  и товар  $B$ , то первый пользователь также может быть заинтересован в товаре  $B$  (рис. 2, б). Таким образом, система предсказывает новые предпочтения на основе истории взаимодействий различных пользователей.

Ключевым шагом совместной фильтрации является выбор похожего пользователя. Ближайшие пользователи определяются с использованием той или иной меры сходства, которая рассчитывается с помощью матрицы  $(y_{i,j})$ .

Поскольку для новых пользователей отсутствует информация о взаимодействиях, а также большинство пользователей не ставят оценки товарам, то основной проблемой систем, применяющих совместную фильтрацию, является проблема холодного старта.

### **3. Подход, основанный на модели преобразования пространства характеристик в пространство показателей качества**

Предлагаемый авторами подход нацелен на выявление явных и латентных причинно-следственных связей между существенными характеристиками товара или услуги  $\{X_1, \dots, X_N\}$  и показателями качества продукта  $\{Y_1, \dots, Y_K\}$ .

Построение модели преобразования  $X \rightarrow Y$  (рис. 3) является трудноформализуемой задачей по ряду признаков: принципиальной невозможности точного описания всех взаимосвязей (часто нелинейных) между характеристиками продукта и показателями качества, большой размерности пространства  $X \times Y$ , динамически

изменяющимся информационным потокам на разных стадиях жизненного цикла рекомендательной системы, ограниченным финансовым ресурсам [3].

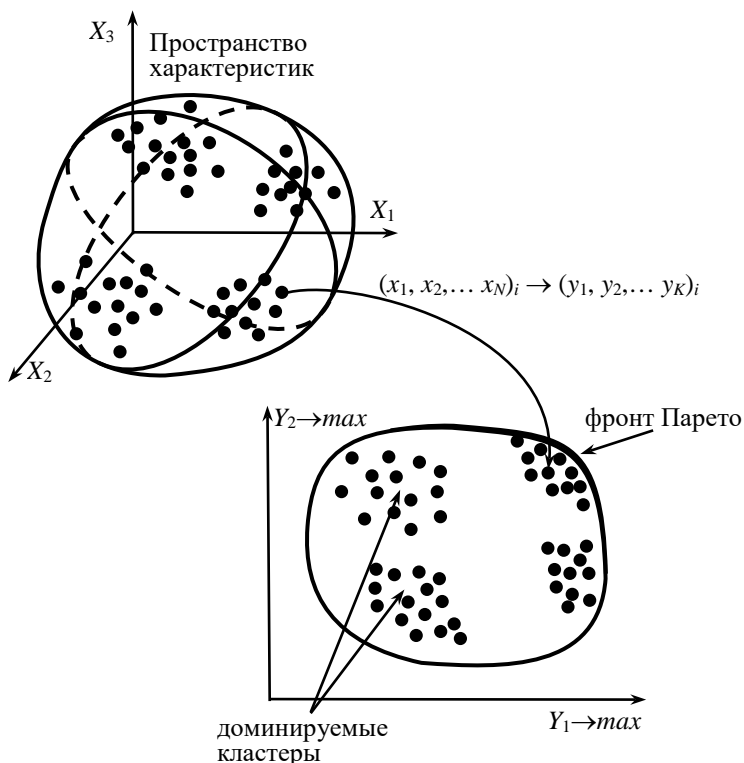


Рис. 3. Преобразование пространства характеристик в пространство показателей качества  $X \rightarrow Y$  ( $N = 3, K = 2$ )

Построение модели взаимосвязей  $X \rightarrow Y$  может быть осуществлено на основе методов машинного обучения, в рамках которых решаются задачи автоматической классификации продуктов, и упорядочения групп товаров по уровню качества.

Каждый продукт представляется в двух векторных пространствах – пространстве характеристик  $X$  и пространстве показателей качества  $Y$ . После применения автоматической классификации, которая основана на гипотезе компактности, распределение близких товаров по однородным группам должно сохранять в пространствах  $X$  и  $Y$  топологическое

подобие. При оптимизации показателей качества поиск осуществляется в пространстве характеристик таким образом, что каждый вариант может быть прослежен в пространстве оценок и оценен на основе концепции доминирования [4]. Множество наилучших предложений в пространстве оценок чаще всего соответствует определенному кластеру в пространстве характеристик.

Автоматическая классификация в пространстве  $X \times Y$  требует наличия данных значительного объема, отсутствующих, как правило, в связи с холодным стартом. Обогащение выборки с сохранением явной и неявной связи между характеристиками товара и его оценками качества может выполняться с помощью прогнозирующей нейросетевой модели, обученной на наборе доступных прецедентов.

Для уплотнения ядра Парето-оптимальных рекомендуемых товаров, представляющих в многомерном пространстве  $Y$  фронт Парето, используется набор генетических алгоритмов [5].

### **Заключение**

Многомерность материального или информационного продукта включает агрегированное описание его характеристик, а также показатели качества. Данные, накопленные в базе данных торговой площадки, позволяют установить взаимосвязь показателей качества и выработать решения о рекомендациях товаров или услуг. При многокритериальной оптимизации поиск осуществляется в пространстве оценок продукта таким образом, что каждый вариант может быть прослежен в пространстве  $Y$  и оценен на основе концепции доминирования.

### **Список литературы**

1. At Alibaba, Artificial Intelligence is Changing How People Shop Online [Электронный ресурс]: Alizila. News from Alibaba. – Режим доступа: <https://www.alizila.com/at-alibaba-artificial-intelligence-is-changing-how-people-shop-online>
2. How retailers can keep up with consumers [Электронный ресурс]: McKinsey&Company. – Режим доступа: <https://www.mckinsey.com/industries/retail/our-insights/how-retailers-can-keep-up-with-consumers>
3. Пименов, В. И. Анализ и визуализация данных в задачах многокритериальной оптимизации проектных решений / В. И. Пименов, И. В. Пименов // Информатика и автоматизация (Труды СПИИРАН). – 2022. – Т. 21. – № 3. – С. 543-571.
4. Ayaz, Ahsan. Multi-Objective Design Optimization of Multi-copter using Genetic Algorithm / Ahsan Ayaz, Ashhad Rasheed // IEEE International Bhurban Conference on Applied Sciences and Technologies (IBCAST). – 2021. – Access. no. 20633290.
5. Pimenov, V. I. Interpretation of a trained neural network based on genetic algorithms / V. I. Pimenov, I. V. Pimenov // Информационно-управляющие системы. – 2020. – № 6. – С. 12-20.

## Разработка программного комплекса для автоматизации деятельности Контрольно-счетной палаты Воронежской области

А. В. Порядин, email: aporyadin003@gmail.com  
И. И. Дмитриева, email: Ira.sarabi@yandex.ru  
И. П. Корнилов, email: kornilov.ilja@rambler.ru  
Е. А. Копытина, email: zhemkaterina@yandex.ru  
А. Г. Потапов, email: artem2011.ap@inbox.ru  
И. В. Храпов, email: ivan.1005@mail.ru  
А. Е. Меркулов, email: ae-m7@mail.ru  
Т. Д. Братышев, email: bratyshev2013@mail.ru  
С. И. Бутовецкая, email: s.butovetskaya@gmail.com  
С. В. Борзунов, email: sborzunov@gmail.com  
А. А. Крыловецкий, email: aakryl@sc.vsu.ru

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»

**Аннотация.** *В данной статье предложена реализация части программного комплекса, выполненная на факультете компьютерных наук Воронежского государственного университета, с целью автоматизации деятельности Контрольно-счетной палаты Воронежской области.*

**Ключевые слова:** *автоматизация рутинных задач, прикладная задача, база данных, программный комплекс, документ, показатели.*

### Введение

Автоматизация – это один из подходов к управлению процессами, основанный на использовании информационных технологий. В настоящее время трудно представить современное предприятие, эффективно работающее без поддержки программных средств. Сфера применения автоматизации процессов может быть широкой. От автоматизации простых процессов поддержки, таких как сбор данных, до более сложных, кросс функциональных действий, используя передовые технологии для управления событиями и критически важными процессами.

Автоматизация уменьшает степень участия человека в процессе, из чего следуют основные преимущества данного подхода. Процесс, который выполняется автоматически менее подвержен ошибкам, характерным для ручного режима. Например, таким как грамматические

или синтаксические ошибки, опечатки при наборе текста и лишние символы. При этом важно отметить, что для маленьких данных возможны редкие и маленькие ошибки, в то время как для больших данных может возрастать не только количество ошибок, но их плотность. Кроме того, автоматизация делает процесс более стабильным, позволяет организовывать данные в соответствии с необходимыми шаблонами, что в свою очередь приводит к повышению читаемости данных, увеличению скорости работы с ними и позволяет хранить данные наиболее удобным способом.

В большинстве случаев автоматизация также увеличивает производительность.

Все приведенные особенности автоматизации процессов приводят к улучшению качества как самого исполнения, так и результата. Такой подход к выполнению повторяющихся действий является наиболее современным и эффективным, как показано в [1-6].

Работа государственных учреждений нуждается в автоматизации. Так, например, объем информации, используемый Контрольно-счетной палатой Воронежской области, за последние годы многократно возрос. Это связано, в том числе с необходимостью проведения мониторинга реализации на территории региона национальных проектов, анализа формирования и реализации документов стратегического планирования Воронежской области и областного бюджета, усилением аналитической составляющей контрольной деятельности.

Для качественной и оперативной реализации полномочий контрольно-счетного органа необходима автоматизация ее деятельности, которая возможна благодаря программному комплексу, о котором пойдет речь в данной статье.

### **1. Задачи программного комплекса**

Продолжая исследования и разработки, о которых говориться в [7, 8], в настоящее время написаны все необходимые скрипты-парсеры, создана тестовая база данных и реализована пользовательская часть программного комплекса, благодаря которой загружаются и выбираются показатели стратегических документов субъектов РФ, а также имеется возможность заполнения шаблонов документов в формате .xlsx.

### **2. Средства реализации программного комплекса**

Проект реализуется посредством создания тестовой базы данных на сервере ВГУ и загрузки в неё отношений, скрипты создания которых написаны на диалекте PostgreSQL.

В процессе работы были использованы следующие языки программирования:

- Диалект PostgreSQL языка SQL. Использовался а) для создания структуры будущей базы данных в виде совокупности схем и готовых отношений; б) для заполнения созданных отношений предварительно обработанными данными;
- Python 3.9. Мощный объектно-ориентированный язык программирования, с помощью которого, в частности, были написаны парсеры для перевода данных по созданной структуре из формата XLSX в формат SQL;

Для реализации проекта было использовано такое программное обеспечение, как:

- pgAdmin 4. Позволяет эффективно работать с базами данных на языке PostgreSQL. Была создана БД «project-cs», в которую были загружены обработанные отношения;
- PyCharm Professional. Среда разработки на языке Python, позволяющая создавать как скрипты-парсеры данных, так и SQL запросы, и помогающая работать с тестовой базой данных.

### **3. Реализация логики программного комплекса**

Главное меню реализованного программного комплекса представлено на рис.1. Пользователю предлагается выбрать период или конкретный год показателей, которые будут сравниваться. Информацию об обновлении данных из базы данных можно отслеживать в правом верхнем углу, наряду с тем, как и узнать об оставшемся времени до следующего обновления. Само время автообновления можно изменять в настройках. Показатели выбираются с помощью центральных кнопок подменю «Первый показатель» и «Второй показатель».

Кнопка «Сравнить» позволяет сравнивать выбранные показатели и сохранить итоговую таблицу по выбранному пользователем пути, логика описана в классе «CompareFull». Благодаря кнопке «Сравнить (упрощенно)» выводится менее подробная сравнительная таблица посредством инструментов QT (отдельный виджет), логика описана в классе «ComparingLite».

Форма «Выбор показателей государственных проектов» (см. рис. 2) открывается по нажатию основных кнопок показателей в главном меню. На данной форме предлагаются отрасли (при наличии) конкретного отдела. Имеется возможность поиска показателей по названию, выбора последних ранее выбранных показателей и рекомендуемых, относительно первого выбранного.

Логика соответствующих виджетов описана в классах «SPIndWidgetPlus» и «SPIndWidget».

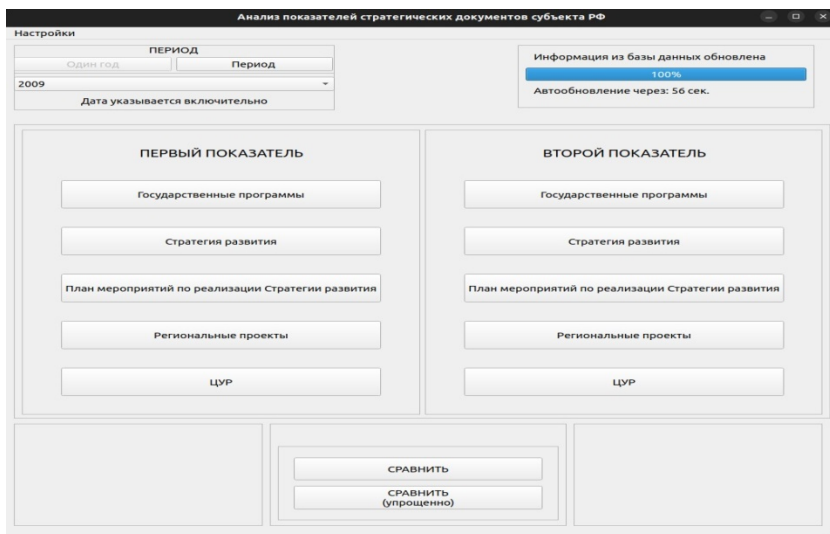


Рис. 1. Форма анализа стратегических документов субъекта РФ

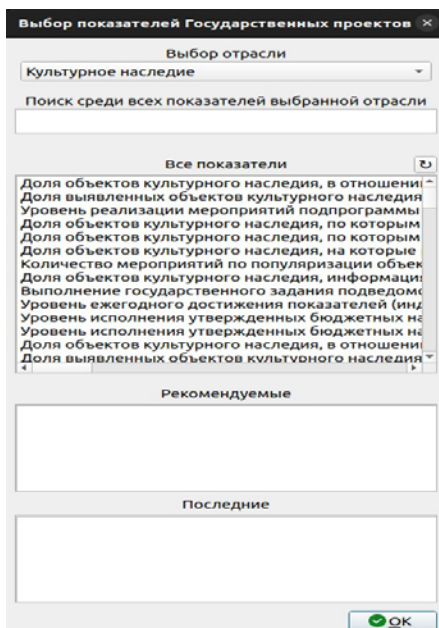


Рис. 2. Форма выбора показателей государственных проектов



Программный комплекс загружает все имеющиеся показатели и хранит их в датаклассе «IndustriesIndicators». Показатели загружаются в многопоточном режиме с помощью модуля «Qthread» – инструмента PyQt5.

Класс «SPMainWindow» объединяет в себе всю логику кнопок, связывает все логические классы и позволяет им обмениваться данными между собой. Класс «DataBase» взаимодействует с базой данных, описывая запросы, которые генерируются двумя способами:

- Генерация SQL запросов для взаимодействия с таблицами не описанными в «models»;
- Запросы посредством ORM «SqlAlchemy», взаимодействующие с таблицами описанными в «information\_schema» и «public».

### **Заключение**

В статье была рассмотрена реализация части программного комплекса для автоматизации деятельности Контрольно-счётной палаты Воронежской области. В скором времени планируется расширить функциональные возможности программного комплекса, например, добавив генерацию отчетов в указанном сотрудниками формате документа на основе имеющихся в тестовой базе данных.

### **Список литературы**

1. Кропачев, А. Н. Формирование отчета деятельности наркоконтроля по Воронежской области средствами офисных приложений / А. Н. Кропачев, Е. А. Копытина // Труды молодых учёных факультета компьютерных наук ВГУ : Сборник статей / Под редакцией Д.Н. Борисова. Том Выпуск 1. – Воронеж : Общество с ограниченной ответственностью "Вэлборн", 2021. – С. 80-84.

2. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022617688 Российская Федерация. Система анализа данных правонарушений наркоконтроля по Воронежской области методами машинного обучения : № 2022617044 : заявл. 19.04.2022 : опубл. 25.04.2022 / Е. А. Копытина, А. Н. Кропачев ; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный университет».

3. Kopytina, E. A. Smart Service for Medical Care of the Region's Population / E. A. Kopytina, A. V. Kopytin, F. A. Desyatirikov // Proceedings of the 2021 IEEE International Conference "Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies", T and QM and IS 2021, Yaroslavl, 06–10 сентября 2021 года. – Yaroslavl, 2021. – P. 206-209. – DOI 10.1109/ITQMIS53292.2021.9642885.

4. Копытина, Е. А. Разработка веб-сервиса для формирования горячего коммерческого предложения ООО «ЧерноземАгромаш» / Е. А. Копытина, Ф. А. Десятириков, А. В. Копытин // Информатика: проблемы, методы, технологии : Материалы XXII Международной научно-практической конференции им. Э.К. Алгазинова, Воронеж, 10–12 февраля 2022 года / Под редакцией Д.Н. Борисова. – Воронеж: Общество с ограниченной ответственностью "Вэлборн", 2022. – С. 990-996.

5. Подольский, К. Д. Формирование предварительного коммерческого предложения ООО «ЧерноземАгромаш» средствами MS Excel / К. Д. Подольский, Я. Э. Головин, Е. А. Копытина // Сборник студенческих научных работ факультета компьютерных наук ВГУ : Сборник научных работ. В 2-х частях / Под редакцией Д.Н. Борисова. – Воронеж : Воронежский государственный университет, 2020. – С. 143-147. – EDN MPFXVD.

6. Копытина, Е. А. Моделирование и реализация системы расчета заказов торговой сети / Е. А. Копытина, А. В. Копытин // Информатика: проблемы, методы, технологии : Материалы XXI Международной научно-методической конференции, Воронеж, 11–12 февраля 2021 года. – Воронеж: Общество с ограниченной ответственностью "Вэлборн", 2021. – С. 1240-1249.

7. Реализация проекта по созданию реляционной базы данных для Контрольно-счётной палаты Воронежской области / А. Г. Потапов, А. В. Порядин, Т. Д. Братышев [и др.] // Труды молодых ученых факультета компьютерных наук ВГУ. Том Выпуск 2. – Воронеж : ООО «ВЭЛБОРН», 2022. – С. 132-137.

8. Разработка парсера для автоматизации деятельности Контрольно-счётной палаты Воронежской области / А. В. Порядин, А. Г. Потапов, Т. Д. Братышев [и др.] // Труды молодых ученых факультета компьютерных наук ВГУ. Том Выпуск 2. – Воронеж : ООО «ВЭЛБОРН», 2022. – С. 127-131.

# Разработка программного комплекса для автоматизации формирования документов основных профессиональных образовательных программ высшего образования факультета компьютерных наук Воронежского государственного университета

А. И. Претков, email: pretkovartyom@gmail.com

Е. А. Копытина, email: zhemkaterina@yandex.ru

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»

***Аннотация.** В данной статье предложена реализация программного комплекса для генерации документов, описывающих основные профессиональные образовательные программы высшего образования факультета компьютерных наук Воронежского государственного университета, на основе информации импортируемой из учебных планов, реализуемых на факультете.*

***Ключевые слова:** электронные документы, основная профессиональная образовательная программа высшего образования, учебные планы, автоматизация рутинных задач, прикладная задача.*

## Введение

Большое количество электронных документов необходимо периодически актуализировать, однако, несмотря на большое количество функций для поиска и замены текста в документе эта задача является сложной и рутинной, особенно когда редактируемый документ связан с другим с документом и необходимо найти отличия между ними и только после этого внести необходимые изменения.

Данные действия требуют внимательности, большого количества времени и чреваты ошибками.

Данная проблема крайне актуальна в настоящее время и её решению посвящены работы [1-8]. Особенно вышеуказанная проблема характерна для высших учебных заведений: периодически появляются новые учебные стандарты и, соответственно, обновляется учебный план. В дальнейшем на основе измененного учебного плана нужно вносить изменения в документ с информацией об образовательной программе. Данный документ сокращенно называется «ОПОП».

Для устранения вышеописанных сложностей был разработан программный комплекс, формирующий Word-документ с информацией об образовательной программе на основе Excel-файла с учебным

планом, предыдущей версии Word-документа образовательной программы и текстового файла со списком компетенций и их названием.

### **1. Постановка задачи**

К описываемому в статье программному комплексу для автоматизации формирования документов основных профессиональных образовательных программ высшего образования были выдвинуты следующие функциональные требования:

- Чтение информации об учебном плане из Excel-таблиц;
- Генерация Word-документа ОПОП на основе данных из учебного плана.

### **2. Средства реализации программного комплекса**

Проект реализуется посредством чтения Excel-таблиц, формирования на их основе ОПОП документа, подстановкой редко изменяемой информации из предыдущей версии ранее созданного документа ОПОП, и копированием его форматирования в генерируемый.

Проект реализован на нескольких языках, поскольку их библиотеки для работы с офисными документами в некоторых моментах серьезно различаются, особенно в доступных настройках для форматирования документа.

В процессе работы были использованы следующие технологии:

– Java 8. Данный объектно-ориентированный язык программирования обладает готовыми библиотеками для решения многих прикладных задач и является строго типизированным, что облегчает написание кода и поиск ошибок. Использовался: для парсинга Excel-таблиц; для создания нового документа на основе данных полученных из Excel таблиц;

– Python 3.10. Мощный объектно-ориентированный язык программирования, на котором написано множество библиотек. На этом языке были написаны утилиты для копирования редко изменяемой информации вместе с форматированием из уже созданного документа ОПОП в новый документ;

– Idea Professional. Среда разработки для эффективного программирования Java-приложений с мощным отладчиком и подсказками при написании кода.

– PyCharm Professional. Среда разработки языка Python, функционально практически аналогична Idea за исключением ориентации на язык Python.

### 3. Реализация логики программного комплекса

Часть программного комплекса написана на языке Java. Для её реализации была использована библиотека Apache poi.

Часть программного комплекса считывает Excel-файл и формирует на его основе ОПОП документ.

Программный комплекс состоит из классов.

Для классов по формированию содержания документа выделен отдельный интерфейс ParagraphWriter, содержащий метод writeParagraph, принимающий на вход формируемый Word-документ и Excel-документ с информацией об учебном плане. Для случая, когда недостаточно Excel-файла и нежелательно добавлять логику по получению недостающих данных в класс формирующий итоговый документ присутствует метод для отправки дополнительных данных setData. Все реализации интерфейса ParagraphWriter вынесены в отдельный пакет docWriters.

Опишем реализации этого интерфейса подробнее:

– ThirdParagraphWriter отвечает за формирование общей характеристики основной профессиональной образовательной программы. На основе данных из учебного плана записывается профиль образовательной программы, квалификация, присваиваемая выпускникам, объем программы, срок получения образования и минимальный объем контактной работы по образовательной программе.

– FourthParagraphWriter формирует планируемые результаты освоения ОПОП. На основе файла со списком категорий универсальных компетенций и учебного плана добавляет таблицу с информацией о каждой компетенции и индикаторах ее достижения, также формируется таблица общепрофессиональных компетенций: из учебного плана берутся коды компетенций, их формулировки и индикаторы достижения компетенции и записываются в таблицу, аналогично формируется таблица с профессиональными компетенциями.

– FifthParagraphWriter добавляет таблицу со структурой программы и объемом в зачетных единицах каждого пункта учебной программы и добавляет подробное описание каждого блока учебной программы.

– SixthParagraphWriter добавляет матрицу соответствия компетенций, индикаторы их достижения и элемент ОПОП, приложение с календарным учебным графиком из учебного плана и приложения с учебными планами за каждый курс обучения.

– EighthDocApplicationWriter записывает аннотации рабочих программ дисциплин и практик на основе данных из учебного плана:

общая трудоемкость дисциплины, формируемые компетенции и форма промежуточной аттестации.

- Классы для вспомогательной логики вынесены в пакет `Utils`:
- `ParagraphUtil` содержит методы для выполнения часто повторяющихся в ходе работе программного комплекса действий, например создание маркированного или нумерованного списка, добавление подпункта в списке, объединение ячеек таблицы, создание таблицы с заданными заголовками, строками и размером.
- `ExcelReader` содержит методы для работы с Excel-таблицей учебного плана и инкапсулирует в себе логику по получению данных в нужном формате из таблиц.
- `FontConstants` содержит константы с настройками шрифта, например названия шрифта, стандартный размер шрифта в тексте.
- `FontReplacer` содержит метод для установки заданного шрифта в параграфах.
- `DocumentMarginsSetter` содержит метод для установки отступов в документе.

Остальная работа по формированию документа связанная с функциональными возможностями, отсутствующим в общедоступных библиотеках Java, производится Python-скриптами, запускаемыми Java-приложением.

Данные скрипты при вызове могут получать входные параметры. Например, название Excel-листа с учебным планом.

Первый скрипт конвертирует Excel-таблицу с учебным планом в картинку для последующей вставки в Word-документ.

Второй скрипт считывает исходный Word-документ для переноса в формируемый ОПОП документ редко изменяемых данных вместе с их форматированием, например условия осуществления образовательной деятельности, цель и задачи программы. Второй скрипт в силу более сложной логики содержит вспомогательные методы: `copy_paragraph` – копирует параграф вместе с его форматированием; `copy_font` – копирует настройки шрифта; `copy_style` – копирует настройки форматирования; функция `iter_block_items` позволяет в цикле обойти все элементы документа в правильном порядке; `move_table_after` возвращает таблицу, добавленную после заданного параграфа; `table_insert_paragraph_after` и `insert_paragraph_before` возвращают новый параграф, вставленный перед заданным параграфом; `insert_table_before` возвращает таблицу вставленную перед заданным элементом; `copy_paragraphs` копирует содержимое параграфов из одного документа в другой.

## **Заключение**

В данной статье была рассмотрена реализация программного комплекса для автоматизации формирования документа основной профессиональной образовательной программы высшего образования. На данный момент формируемый ОПОП документ содержит практически всю информацию, за исключением информации о материально-техническом обеспечении. Планируется добавить логику для вставки недостающей информации в итоговый документ.

## **Список литературы**

1. Реализация проекта по созданию реляционной базы данных для Контрольно-счётной палаты Воронежской области / А. Г. Потапов, А. В. Порядин, Т. Д. Братышев [и др.] // Труды молодых ученых факультета компьютерных наук ВГУ. Том Выпуск 2. – Воронеж : ООО «ВЭЛБОРН», 2022. – С. 132-137.
2. Разработка парсера для автоматизации деятельности Контрольно-счетной палаты Воронежской области / А. В. Порядин, А. Г. Потапов, Т. Д. Братышев [и др.] // Труды молодых ученых факультета компьютерных наук ВГУ. Том Выпуск 2. – Воронеж : ООО «ВЭЛБОРН», 2022. – С. 127-131.
3. Вариант решения задачи оптимизации толщины теплоизоляционного слоя в теплоснабжении / Н. А. Петрикеева, Д. М. Чудинов, Л. П. Мышовская // Научный журнал строительства и архитектуры. – 2018. – № 2(50). – С. 21-28.
4. Kopytina, E. A. Smart Service for Medical Care of the Region's Population / E. A. Kopytina, A. V. Kopytin, F. A. Desyatirikov // Proceedings of the 2021 IEEE International Conference "Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies", T and QM and IS 2021, Yaroslavl, 06–10 сентября 2021 года. – Yaroslavl, 2021. – P. 206-209. – DOI 10.1109/ITQMIS53292.2021.9642885.
5. Кропачев, А. Н. Формирование отчета деятельности наркоконтроля по Воронежской области средствами офисных приложений / А. Н. Кропачев, Е. А. Копытина // Труды молодых учёных факультета компьютерных наук ВГУ : Сборник статей / Под редакцией Д.Н. Борисова. Том Выпуск 1. – Воронеж : Общество с ограниченной ответственностью "Вэлборн", 2021. – С. 80-84.
6. Копытин, А. В. О распределении штрафов и вознаграждений в проектах / А. В. Копытин, Д. И. Соломатин // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2016. – № 4. – С. 119-126.
7. Васянкин, А. А. Модификация понятия «электронный документ» в системе электронного документооборота / А. А. Васянкин,

Э. В. Кузьмина // Кайгородовские чтения : Материалы региональной научно-практической конференции, Краснодар, 29 апреля 2010 года / Краснодарский государственный университет культуры и искусств. – Краснодар: Краснодарский государственный университет культуры и искусств, 2010. – С. 75-79.

8. Application of game theory when taking decisions and choosing the best variant / N. Petrikeeveva, Y. Kopytina, G. Martynenko, V. Kozlova // E3S Web of Conferences : Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering, TPACEE 2019, Moscow, 20–22 ноября 2019 года. Vol. 164. – Moscow: EDP Sciences, 2020. – P. 08027. – DOI 10.1051/e3sconf/202016408027.



# Генетический алгоритм SPEA для решения многокритериальной задачи формирования инвестиционных портфелей

Т. И. Романенкова, email: romanenkova.tr@gmail.com

В. В. Коротков, email: chasecrunk@gmail.com

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»

**Аннотация.** В данной работе рассматриваются различные способы решения задач многокритериальной оптимизации, в особенности, генетический алгоритм SPEA, а также производится расчет оптимальных инвестиционных портфелей на базе криптовалюты.

**Ключевые слова:** многокритериальная оптимизация, SPEA, алгоритмы, множество Парето.

## Введение

При решении различного рода задач, достаточно часто появляется необходимость найти решения многокритериальных задач. В базовых реализациях оптимизации рассматриваются следующие подходы [1, 2]:

- Метод уступок;
- Метод главного критерия;
- Метод свертывания критерия.

Их основным недостатком является упрощение модели и нахождение единственного решения.

При рассмотрении многокритериальной оптимизации, результатом получается некое множество решений, в котором ни одно не является оптимальным в сравнении с другим по всем критериям. Такое множество называется множеством оптимальных решений по Парето. Описанные выше решения не являются оптимальными по Парето.

Существенней учитываются параметры в более сложных алгоритмах. Одними из таких являются популяционные. Самым изученным и активно используемым является генетический алгоритм [3].

## 1. Вариации генетических алгоритмов

Генетический алгоритм [4, 5] часто используется в своей классической форме, но существует ряд его модификаций, значительно

улучшающих его работу. Среди таких вариаций можно выделить несколько основных:

- VEGA (Vector Evaluated Genetic Algorithm);
- FFGA (Fonseca and Fleming's Multi-Objective Genetic Algorithm) или его также называют MOGA (Multi-Objective Genetic Algorithm);
- NPGA (Niche Pareto genetic algorithm);
- SPEA (Strength Pareto Evolutionary Algorithm).

Каждый из этих алгоритмов имеет свои уникальные преимущества и недостатки.

В VEGA для каждого из критериев селекция производится отдельно. После, все полученные таким образом подпопуляции объединяются в одну, и для нее происходит скрещивание и мутация.

FFGA представляет собой процедуру ранжирования индивидов, основанную на Парето-доминировании. Ранг в данном алгоритме определяется для каждого индивида с помощью количества доминирующих его индивидов. Величина обратная рангу, определяет пригодность.

NPGA имеет свои особенности и не похож на вышеописанные методы. Его особенностью является способность поддерживать разнообразие. Он соединяет в себе два подхода: турнирную селекцию и концепцию доминирования по Парето. В NPGA пригодность рассчитывается как модифицированная схема деления, с использованием ниш.

Алгоритмы VEGA и FFGA не способны обеспечить равномерное покрытие множества Парето. Алгоритмы NPGA и SREA, рассмотренные ниже, способны обеспечить хорошее покрытие, но, чтобы это реализовать, им необходимо использовать значительные затраты на вычисления, и механизмы, обеспечивающие поддержание разнообразия, иногда пересекают область Парето.

## 2. Алгоритм SPEA

Алгоритм SPEA многие специалисты выбирают как более оптимальный и универсальный.

Преимущества данного алгоритма заключается в том, что [6]:

- Он реализует все подходы, описанные ранее, в одном алгоритме;
- Пригодность определяется для каждого индивида относительно множества недоминируемых особей;
- Лучшие индивиды, хранящиеся в отдельном множестве, все равно участвуют в отборе;

– Ниши, в которых деление общей пригодности, происходит на основе Парето доминирования, позволяют обойти преждевременную сходимость;

– Так как размер множества недоминированных особей влияет на работу данного алгоритма, предусмотрено уменьшение его размера, с сохранением его основных характеристик.

В основе реализации средств решения многокритериальной оптимизации лежат принципы Парето, благодаря которым можно оценить качество решений одновременно по всем критериям. Результатом решения поставленной задачи является теоретически бесконечное множество Парето-оптимальных решений [7].

На данные момент разделяются три поколения генетических алгоритмов:

– Поколение 0. Суть заключается в том, что принципы Парето не используются. Это сильно отражается на отсутствии поддержания разнообразия популяции.

– Поколение I. Используются принципы Парето для оценивания решений. Применяются концепции ниш, а также используется разделяющая функция для поддержания разнообразия популяции.

– Поколение II. Сохраняются все особенности реализации предыдущего поколения. Особенностью является развитая реализация стратегии элитизма с помощью использования Парето-архивов и управлением плотностью решений вдоль границы Парето.

Одним из алгоритмов поколения II является SPEA. В настоящее время именно это поколение является самым продуктивным и актуальным [6].

Его особенность заключается в том, что происходит сохранение так называемых элитных хромосом в основной популяции. Остальные хромосомы располагаются в Парето-архиве. Там же они и обновляются, а при необходимости интегрируются в основную популяцию.

Элитными хромосомами во втором поколении понимаются хромосомы, которые соответствуют недоминируемым решениям.

Принцип работы алгоритма SPEA относительно не сложен. Он заключается в том, что на каждой итерации работы этого алгоритма недоминируемые хромосомы копируются в Парето-архив. После чего для каждого элемента вычисляется Парето-сила. Ее значение пропорционально числу хромосом из основной популяции, которые доминирует выбранная хромосома из Парето-архива (1).

$$S(c_i) = \frac{|\{c_j \mid c_j \in P \wedge c_i \succ c_j\}|}{n_p + 1}, \quad (1)$$

где  $S(c_i) \in [0,1)$  – Парето-сила хромосомы  $c_i$ ,  $i = 1, \dots, n_A$ , из Парето-архива  $A$  размером  $n_A$ .

Так же SPEA отличается тем, что приспособленность хромосом популяции определяется только в зависимости от значения разделяющей функции соответствующих хромосом Парето-архива.

Все хромосомы популяции и Парето-архива участвуют в операторе отбора. И еще одной особенностью является то, что для сокращения размера Парето-архива, без потери качества границы Парето, используются методы кластеризации.

Чтобы поддерживать разнообразие популяции и контроля равномерного распределения решений вдоль границы Парето используется следующий способ.

На рисунке размещены все возможные популяции. А, В, С, D и E – в своей совокупности образуют основную популяцию. Они же и лежат на границе Парето. F, G, H, I, J – в свою очередь образуют Парето-архив.

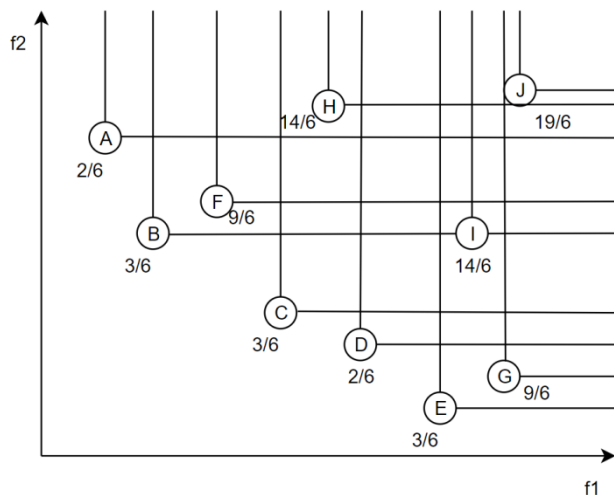


Рисунок. Популяции

Под каждым решением помечена приспособленность (Парето-сила) каждой соответствующей хромосомы. При этом координаты решений разделяют плоскость пространства критериев на прямоугольные области. Разные решения могут принадлежать разному числу таких областей – чем их больше, тем больше решений доминируют данное. К примеру, решение J доминируется всеми остальными. Вместе с этим

данные прямоугольной области могут рассматриваться как ниши. Принадлежность им определяется не с позиции некоторой меры близости, а на основе Парето-доминирования.

Если обобщать вышесказанное, то генетический алгоритм SPEA:

- Хранит недоминированные решения в основной популяции;
- Использует концепцию доминирования Парето для назначения скалярных значений пригодности для отдельных особей;
- Выполняет кластеризацию для уменьшения числа недоминированных решений, не разрушая Парето-фронт;
- Приспособленность особи определяется только от хранящихся в основной популяции;
- Все решения, находящиеся в основной популяции, участвуют в определении приспособленности;
- Поскольку метод основан на Парето, то для сохранения разнообразия в популяции не требуется какого-либо параметра расстояния.

### 3. Алгоритм работы SPEA

Порядок выполнения генетического алгоритма SPEA:

1. Сгенерировать начальную популяцию  $P_0$  и создать пустую основную популяцию  $P$  (недоминированное множество).
2. Скопировать все недоминированные особи  $P_0$  в  $P$ .
3. Удалить особи, которые повторяются в  $P$ .
4. Если количество особей в основной популяции  $P$  превышает заданный максимум  $N$ , то сократить  $P$ , используя кластеризацию.
5. Вычислить приспособленность каждой особи в  $P_0$  опираясь на гены, которые доминируют над генами особей  $P$ .
6. Выбрать особи из  $P_0 + P$ , пока не будет заполнен массив особей, участвующих в скрещивании. В данной теории рассматривается бинарный выбор скрещивания с заменой.
7. Применить скрещивание и мутации.
8. Если максимальное число поколений превышено, то остановиться, если нет, то вернуться к пункту 2.

Рассмотрим подробнее процедуру вычисления приспособленности. Она представляет собой двухэтапный процесс. Во-первых, особи основной популяции  $P$  ранжируются. Во-вторых, особи  $P_0$  оцениваются:

1. Каждой особи из основной популяции  $P$  присваивается значение в диапазоне  $[0,1)$ , называемое приспособленностью. Оно

пропорционально числу членов популяции  $P_0$ , для которых выбранная особь полностью доминирует генами, над соответствующими генами особей из  $P_0$ . Пусть  $n$  – это число особей в  $P_0$ , над которыми доминирует особь  $i$  из  $P$ .  $N$  – это размер популяции  $P_0$ . Тогда приспособленность  $s_i$  определяется как (2)

$$s_i = \frac{n}{N+1}, \quad (2)$$

2. Приспособленность особи  $j$  из популяции  $P_0$  рассчитывается путем суммирования всех внешних  $i$  из  $P$ , над которыми доминирует  $j$ . Необходимо добавить 1 к общему количеству, что бы гарантировать, что особи  $P$  будут иметь лучшую приспособленность, чем члены  $P_0$ . Необходимо также обратить внимание, что приспособленность должна быть сведена к минимуму, то есть маленькие значения соответствуют высокой вероятности выживания) (3), где  $[0,1)$ .

$$f_j = 1 + \sum_{i, j > i} s_i, \quad (3)$$

Теперь разберем особенности объединения путем кластеризации. В некоторых задачах Парето-оптимальных особей может быть чрезвычайно много. Однако с точки зрения лица, принимающего решение, предоставление всех найденных недоминированных решений бесполезно, когда их число превышает разумные пределы. Кроме того, размер основной популяции влияет на поведение всей модели SPEA.

С одной стороны, поскольку слишком много недоминированных решений может снизиться производительность поиска оптимального решения. С другой стороны, если точки в основной популяции  $P$  не распределены равномерно, то метод назначения пригодности, вероятней всего смещен в сторону определенных областей пространства поиска, что приводит к несбалансированному распределению в популяции.

Метод, который используется для решения этой проблемы – это кластерный анализ. В общем случае, он разбивает набор элементов в группы относительно однородных элементов, где количество кластеров меньше количества особей.

Рассмотрим метод средней связи – это поход кластеризации, который хорошо проявляет свои положительные качества в данной задаче:

1. Инициализировать набор кластеров  $C$ , каждая вершина – это недоминируемая особь  $i$  популяции  $P$  и все они образуют кластеры (4).

$$C = U_i \{ \{i\} \}, \quad (4)$$

2. Если  $|C| \leq N$ , то перейти на пункт 5, иначе 3. Вычислите расстояние всех возможных пар кластеров. Расстояние  $d$  между кластерами  $c_1$  и  $c_2$  определяется, как среднее расстояние между парами особей в двух кластерах (5), где метрика  $\|\cdot\|$  отражает расстояние между двумя особями  $i_1 - i_2$ .

$$d = \frac{1}{|c_1| * |c_2|} * \sum_{i_1 \in c_1, i_2 \in c_2} \|i_1 - i_2\|, \quad (5)$$

3. Найти два кластера  $c_1$  и  $c_2$  с минимальным расстоянием  $d$ . Выбранные кластеры объединяются в более крупный кластер (6). Перейти к пункту 2

$$C = C \{c_1, c_2\} \cup \{c_1, c_2\}, \quad (6)$$

4. Необходимо в каждом кластере вычислить единственное недоминируемое значение. Для этого используются центроид – это точка с минимальным средним расстоянием до всех других точек в кластере.

#### 4. Формирование оптимального инвестиционного портфеля на базе криптовалюты

Для расчета оптимальных инвестиционных портфелей необходимы данные входящих в него активов. В данном рассмотрении – это криптовалюта. На сегодняшний день существует множество ресурсов, которые предоставляют всю необходимую информацию. Для ниже приведенного расчета портфелей была взята информация с сайта [coingecko.com](http://coingecko.com).

Расчет оптимальных инвестиционных портфелей можно провести, опираясь на теорию Марковица [8]. В своих учениях он сформировал модель, в которой рассчитывается один портфель. Но это является упрощением модели, поэтому для дальнейших расчетов теория была переделана в многокритериальную задачу, для нахождения решения которой и будет использоваться алгоритм SPEA. Для получения инвестиционных портфелей, необходимо рассчитать ожидаемую доходность и риск входящих в него криптовалют. Риск выражается дисперсией – разброс цен на актив. Другими словами, чем выше разброс котировок, то есть волатильность актива – тем больше риск инвестора.

Будущая доходность – это величина случайная. Мы можем лишь предполагать какие значения она может принять. Для возможности ее использования наиболее вероятное ее значение можно выразить математическим ожиданием. Для его расчета можно использовать величины на основе средних значений доходности активов за определенный период. В таблице 1 приведены данные доходности и риска выбранных криптовалют.

Таблица 1

*Параметры криптовалют*

<b>Аббревиатура криптовалюты</b>	<b>Доходность</b>	<b>Риск</b>
AVAX	3.85	9.60
CRO	2.30	3.57
DOGE	-0.43	0.11
MATIC	0.09	0.07
SHIB	2.69	5.27
SOL	2.40	3.96
XLM	-0.22	0.05
USDC	0.08	0.02
WBTC	0.39	0.13

В таблице 2 полученные 9 портфелей с помощью применения алгоритма SPEA. В ней указаны полученные доли криптовалют, а также риск и доходность сформированного портфеля.

Доходность портфеля – это сумма произведения доли каждого актива на его доходность, а риск – это сумма произведения долей попарно взятых активов на ковариацию между ними.

Количество рассчитанных портфелей можно изменять размером популяции недоминированных особей.

Таблица 2

*Рассчитанные портфели*

	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
AVAX	0.36	0.30	0.39	0.10	0.24	0.04	0.08	0.24	0.14
SOL	0.23	0.00	0.00	0.00	0.16	0.40	0.23	0.00	0.00
XLM	0.03	0.03	0.02	0.04	0.02	0.05	0.03	0.24	0.03
USDC	0.08	0.03	0.03	0.04	0.02	0.05	0.01	0.02	0.03
WBTC	0.11	0.05	0.07	0.08	0.04	0.10	0.05	0.04	0.05
Риск	8.63	7.66	7.33	6.65	6.53	5.27	4.99	3.98	3.88
Доходность	2.27	2.13	2.08	1.98	1.95	1.75	1.71	1.52	1.49



## **Заключение**

Существует много способов для нахождения решений многокритериальных задач. Многие из них сводятся к тому, что параметры упрощаются и выискивается только 1 решение. Для нахождения большего количества решений часто прибегают к генетическому алгоритму. И на данный момент одной из самых эффективной его реализаций является SPEA.

Преимущества SPEA в том, что сохраняются все преимущества классических реализаций генетических алгоритмов. Также пригодность индивида рассчитывается относительно всего множества недоминируемых особей. Обираются лучшие индивиды в отдельную популяцию, которая так же продолжает участвовать в отборе. Он в свою очередь проводится на основе Парето доминирования, что позволяет избежать преждевременную сходимость.

Классическая модель Марковица для расчета инвестиционного портфеля легко преобразуется в многокритериальную задачу, с которой хорошо справляется рассмотренный алгоритм SPEA. С помощью него было получено 9 оптимальных инвестиционных портфелей криптовалют.

## **Список литературы**

1. Ногин, В. Д. Множество и принцип Парето: Учебное пособие / В. Д. Ногин. — СПб.: Издательско-полиграфическая ассоциация высших учебных заведений, 2020. — 100 с.
2. Zitzler, E. Multiobjective Evolutionary Algorithms: A Comparative Case Study and the Strength Pareto Approach / E. Zitzler, L. Thiele // IEEE TRANSACTIONS ON EVOLUTIONARY COMPUTATION. – VOL. 3, NO. 4, NOVEMBER 1999. – P. 257-271.
3. Казаков, П. В. Генетические алгоритмы многокритериальной оптимизации. Обзор / П. В. Казаков // Информационные технологии. – 2011. – 10(182). – С. 2-8.
4. Holland, J. H. Adaptation in Natural and Artificial Systems: An Introductory Analysis With Applications to Biology, Control, and Artificial Intelligence / J. H. Holland. — The MIT Press, Cambridge, 1992. – pp. 228.
5. Панченко, Т. В. Генетические алгоритмы: учебно-методическое пособие / Т. В. Панченко /под ред. Ю. Ю. Тарасевича. — Астрахань: Издательский дом «Астраханский университет», 2007. — 87 с.
6. Черноуцкий, И.Г. Методы оптимизации и принятия решений / И.Г. Черноуцкий. – СПб.: Лань, 2001. – 384с.
7. Пантелеев, А.В. Методы оптимизации. Практический курс / А.В. Пантелеев, Т.А. Летова. – М.: Логос, 2011. – 110с.
8. Markowitz, H. M. Portfolio Selection / H. M. Markowitz // Journal of Finance. – 1952. – 7. № 1 – P. 71-91.

## Выбор стратегии продавца на электронной торговой площадке

М. А. Шмелев, email: shmelev1996@mail.ru

М. Г. Матвеев, email: mgmatveev@yandex.ru

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»

**Аннотация.** *Рассматривается задача выбора оптимальной стратегии продавца на электронной торговой площадке. Необходима правильная оценка количества сделок, от которой зависит прибыль продавца на рынке. Поэтому проведено сравнение среднего арифметического с интегралом Шоке по нечеткой мере. Матрицы парных сравнений определяют типы покупателей, используемые при проведении практической части исследования. Также введено ограничение для каждой из матриц, чтобы наблюдалась сильная взаимосвязь цены и качества. В итоге нечеткий интеграл Шоке оказался полезнее среднего арифметического ввиду большей близости к результатам имитации.*

**Ключевые слова:** *электронная торговая площадка, типы покупателей, интеграл Шоке, матрицы парных сравнений, количество сделок, обобщенный спрос.*

### Введение

В современную эпоху электронно-торговые площадки с технологией маркетплейс (Amazon, Ozon, Wildberries) пользуются все большим спросом со стороны потребителей. Маркетплейсы стремятся получить доход за успешное посредничество между продавцами и покупателями через максимально удовлетворение потребностей потребителей на основе использования цифровых платформ [1]. К частому использованию маркетплейсов привели следующие факторы: удобство оформления покупок в интернете, большой выбор товаров, умеренная ценовая политика, а также продвижение с помощью рекламных кампаний.

Целью любого продавца на электронной торговой площадке является извлечение прибыли. Некоторые из них ориентируются исключительно на её максимизацию. Однако значительная часть продавцов стремится продать максимально возможное количество имеющегося товара.

На рынке продавцы и покупатели не всегда совпадают по целям: покупатель может стремиться купить качественный товар дешевле, а продавец – продать дороже. Но формирование оптимального предложения для потребителей зачастую невозможно без учета их желаний. Так, от количества совершенных сделок зависит прибыль продавца на рынке.

Задача данной статьи – выбор оптимальной стратегии продавца для разных видов покупателей на рынках. Продавцу важна возможность формировать свое предложение как для текущей ситуации, так и при изменении ситуации на конкретном рынке. Использование среднего арифметического для теоретической оценки количества сделок может повлиять на достоверность этой оценки [2]. Поэтому далее проведено сравнение с более сложным оператором агрегирования – интегралом Шоке по нечеткой мере [3]. Таким образом, проверка корректности применения интеграла будет осуществлена на практике.

Важным является выбор вида имитационного моделирования. При решении этой задачи стоит учесть некоторые допущения. Пусть продавец формирует свое предложение без учета действий других продавцов. Он опирается только на полную информацию об обобщенном спросе покупателей. С учетом этих предположений в статье будет применяться дискретно-событийное имитационное моделирование [4].

Поставленная задача должна опираться на соответствующий математический аппарат. Дискретно-событийное имитационное моделирование обобщенного спроса и сравнение среднего арифметического и интеграла Шоке в применении на практике – ключевые этапы для анализа количества сделок. После следует оценка адекватности полученных результатов.

### **1. Построение имитационной модели**

В данной статье используется имитационное моделирование (в нашем случае – дискретно-событийное), а не аналитическое решение. Иначе пришлось бы иметь дело с уравнениями, трудно решаемые алгебраически. Имитационное моделирование [5] предполагает наличие случайности, обеспечиваемой путем применения генератора псевдослучайных чисел, равномерно распределённых на интервале  $[0;1]$ .

Реальные рынки электронной коммерции содержат тысячи продавцов и покупателей. Если смотреть на рынок с позиции конкретного продавца, то при синтезе имитационной модели не обязательно воспроизводить реальный масштаб рынка. Поэтому целесообразно провести моделирование рынка с большим количеством

покупателей (в нашем случае их число  $m = 1001$ ) и одним продавцом с целью прогнозировать количество сделок, которое получится при продаже товаров с конкретными характеристиками: цена, размер, качество.

Качество как степень соответствия потребностям покупателей не может рассматриваться отдельно от цены на конкретный товар. Из этого предположим, что параметры цены и качества являются зависимыми друг от друга, а размер – независимая характеристика. Также на рынке встречаются разные виды покупателей. В экономической литературе хорошо известен эффект Веблена [6], возникающий в случае демонстративного потребления. Потребитель, обращающий внимание на качество продукции и престижность, среди схожей продукции выбирает самый дорогой товар по цене.

Для каждого покупателя с помощью синтеза имитационной модели генерировался вектор  $\bar{x} = (x_1, x_2, x_3)$ , где  $x_1, x_2, x_3$  - значения параметров «цена», «размер», «качество» соответственно.

С помощью дискретного распределения вероятностей, показанного в табл. 1, генерировался независимый параметр «размер». Значения для зависимых параметров цены и качества рассчитывались с помощью матрицы парных сравнений Саати, характеризующей конкретный тип покупателей.

На примере рынка «жадных» покупателей покажем процедуру построения матрицы парных сравнений. Такой тип покупателя стремится купить товар высокого качества, но по низкой цене.

Таблица 1

*Дискретное распределение вероятностей для размера*

Значение	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
Вероятность	0,05	0,1	0,2	0,3	0,2	0,1	0,05

Расстановка значений осуществляется следующим образом. Пусть  $b_1$  – минимальная цена,  $a_1$  – минимальное качество. Элемент  $w_{11} = \frac{a_1}{b_1} = 1$  как диагональный элемент матрицы парных сравнений.

Если цена минимальная, а качество немного улучшилось:  $w_{12} = \frac{a_2}{b_1} = 2$ .

Найдем следующий элемент:  $w_{13} = \frac{a_3}{b_1} = 3$ . И так далее по первой

строке. Переходим ко второй строке матрицы. Цена повысилась, а качество минимальное:  $w_{21} = \frac{a_1}{b_2} = \frac{1}{2}$ . При повышении цены следующий

элемент:  $w_{22} = \frac{a_2}{b_2} = 1$ . Таким образом, можно достроить матрицу до конца. Стоит заметить, что подсчет элементов матрицы можно произвести по формуле:

$$w_{ij} = \frac{j}{i}, \quad (1)$$

для упорядоченных значений  $(a_1, a_2, \dots, a_i, \dots, a_n)$  и  $(b_1, b_2, \dots, b_j, \dots, b_n)$ ,  $n$  – размерность матрицы.

Это не единственный тип покупателей, который можно встретить на рынке. Рынок «особо жадных» покупателей представим в виде формулы  $w_{ij} = 2^{j-i}$ . Также существует отдельный тип покупателей, для которых наблюдается эффект Веблена – элитные покупатели. Данные клиенты, покупающие в основном товар по высокой цене и высокого качества, характеризуются формулой  $w_{ij} = \frac{j}{n+1-i}$ .

Покупатели умеренного типа стремятся приобрести товар среднего качества по средней цене. Примером матрицы парных сравнений, характеризующей «умеренных» покупателей, является матрица С:

$$C = \begin{pmatrix} \frac{1}{4} & \frac{1}{2} & 1 & 1 & \frac{1}{2} & \frac{1}{4} \\ \frac{1}{2} & 1 & 2 & 2 & 1 & \frac{1}{2} \\ 1 & 2 & 4 & 4 & 2 & 1 \\ 1 & 2 & 4 & 4 & 2 & 1 \\ \frac{1}{2} & 1 & 2 & 2 & 1 & \frac{1}{2} \\ \frac{1}{4} & \frac{1}{2} & 1 & 1 & \frac{1}{2} & \frac{1}{4} \end{pmatrix} \quad (2)$$

Перейдем к описанию генерации обобщенного спроса. Имитация (получение 1001 значения цены и качества) проводилась на основе последовательного метода обратных функций [7]. Он основан на свойстве, что каждому значению из заданной таблицы распределения

сопоставляется интервал, равный по длине его вероятности. Зададим накопленные вероятности следующим образом:

$$s_0 = 0, s_n = 1; s_i = s_{i-1} + p_i, \quad (3)$$

где  $s_i$  – накопленные вероятности, с которыми сравнивается конкретное  $\alpha$  в цикле, пока первый раз не реализуется неравенство  $\alpha \leq s_i$ . Полученное значение  $i$  позволит с помощью модифицированной таблицы распределения (для нашего случая находим нужную строку или столбец в матрице условных вероятностей конкретного параметра) найти значение  $y = F^{-1}(\alpha)$ , где  $F$  – заданное распределение.

Изучение зависимых параметров цены и качества возможно благодаря имитационному моделированию рынка [8]. Для подсчета необходимых для программной части вероятностей воспользуемся следующим алгоритмом. Просуммируем все элементы обратной симметричной матрицы:  $S = \sum_{ij} w_{ij}$ . Вычислим безусловные вероятности

$$p_{ij} = \frac{w_{ij}}{S},$$

а затем условные вероятности (в нашем примере это

$$\text{вероятности для качества): } p_i(a_i / b_j) = \frac{P_{ij}}{\sum_j P_{ij}}.$$

Подсчет значений вероятности для параметра «цена» выглядит следующим образом:

$$p(b_j) = \frac{P_{ij}}{p_i(a_i / b_j)} \quad (4)$$

Однако в исходном виде матрицы парных сравнений, характеризующие типы покупателей, не обеспечивают высокую корреляцию ( $r \geq 0,7$ ) между ценой и качеством. Поэтому введем ограничение для каждой из матриц, чтобы наблюдалась сильная взаимосвязь цены и качества. Оно выражается в использовании вероятности для качества  $p_{new}$ :

$$p_{new} = \frac{\text{round}((\alpha \cdot p(b_j) + (1 - \alpha) \cdot p_i(a_i / b_j)) \cdot 5)}{5} \quad (5)$$

где  $\alpha$  – параметр корректировки. Для рассматриваемой задачи зададим  $\alpha = 0,5$ . Это означает, что при пересчете вероятности для качества в равной степени учитываются и цена, и качество.

## 2. Способы подсчета количества сделок

Расчет количества сделок проводился несколькими способами. Для первых двух способов учитывался обобщенный спрос. Для подсчета числа сделок применяется формула  $n_{об.} = p \cdot m$ , где  $n_{об.}$  – количество сделок,  $p$  – вероятность совершения сделки с учетом обобщенного спроса, а  $m$  – число покупателей на рынке. Для подсчета функций принадлежности обобщенного спроса находится взвешенная сумма по каждому из параметров (цена, размер, качество). В качестве операторов агрегирования использовались среднее арифметическое (способ №1) и интеграл Шоке (способ №2).

Третий способ предполагает оценку количества сделок  $n_{им.}$  на основе имитации. Учитывая, что изучается модель функционирования рынка с достаточно большим количеством покупателей, представляется громоздким строить имитацию полного процесса совершения сделок, так как потребовалось бы генерировать  $m$  (в нашем случае  $m = 1001$ ) случайных чисел для каждого покупателя. Вместо этого разумнее использовать сгенерированные с помощью имитационной модели вектора  $\vec{x} = (x_1, x_2, x_3)$ , описанные выше. Тогда нам потребуется генерировать три случайных числа для каждого покупателя. Вероятности совершения сделки для товара с конкретными характеристиками рассчитываются при помощи локальных соответствий и оператора агрегирования. Тогда суммирование вероятностей позволяет получить оценку количества сделок  $n_{им.}$ .

Все способы показаны в табл.2.

Таблица 2

*Способы подсчета количества сделок*

	Среднее арифметическое	Интеграл Шоке
Подсчет $n_{об.}$ , на основе обобщенного спроса	Способ №1	Способ №2
Подсчет $n_{им.}$ , с помощью имитации		Способ №3

В рамках данной статьи интеграл Шоке подсчитывается в связке с  $\lambda$ -нечеткой мерой Сугено. Нечеткий интеграл Шоке позволяет моделировать взаимодействие параметров в отличие от семейства средних операторов [9]. В [10] подробно описаны свойства данного

интеграла. Нечеткий интеграл Шоке для вектора  $\vec{f} = (f_1, f_2, \dots, f_n)$  по мере  $\mu$  подсчитывается с помощью формулы:

$$Choq_{\mu}(f_1, f_2, \dots, f_n) = \sum_{i=1}^n f_{\sigma(i)} \cdot (\mu(m_{\sigma(i)}) - \mu(m_{\sigma(i+1)})), \quad (6)$$

где  $\sigma$  – перестановка значений  $f_1, f_2, \dots, f_n$  такая, что  $f_{\sigma(1)} \leq f_{\sigma(2)} \leq \dots \leq f_{\sigma(n)}$ ,  $\vec{m}_{\sigma} = (m_{\sigma(1)}, \dots, m_{\sigma(n+1)})$  и  $m_{\sigma(n+1)} = \emptyset$ .

Соответственно, необходимое значение  $\lambda$  находится с помощью [11, 12]:

$$\lambda + 1 = \prod_{n=1}^N (1 + \lambda \cdot \mu(n)); \quad \lambda > -1, \quad (7)$$

где  $\mu(n)$  – плотность нечеткой меры по  $n$ -му параметру. Задание плотностей нечеткой меры экспертным способом представляется целесообразным для данного случая.

Для последовательностей значений  $n_{об.}, n_{ум.}$ , получаемых с использованием конкретных операторов агрегирования, возможно применение коэффициента корреляции Пирсона  $r$ , позволяющего оценить адекватность используемых способов подсчета.

### 3. Сравнение операторов агрегирования на практике

Наибольший интерес представляет программная реализация в среде Matlab генерации обобщенного спроса и подсчета количества сделок на основе описанных ранее трех способов.

Для разных типов покупателей применялись строго определенные плотности нечеткой меры. Методы, применяемые для их определения, описаны в работах [13,14]. Для текущей задачи плотности нечеткой меры были определены экспертным способом:  $den = (0, 4; 0, 58; 0, 64)$ , где наибольшее значение задано для параметра «качество». Это позволяет выверенно сравнить способы подсчета числа сделок. Также каждый тип покупателей характеризовала конкретная квадратная матрица парных сравнений размером 6 на 6. Напомним, что для обеспечения высокой корреляции между ценой и качеством накладывалось ограничение на каждую из матриц.

Начнем анализ с рынка «жадных» покупателей. С учетом наложенного ограничения, наилучшим предложением продавца для всех трех способов, как и ожидалось, оказалось  $\vec{y} = (0; 0, 4; 0, 6)$ , которое расшифровывается как товар с низкой ценой, средним размером и



максимально возможным высоким качеством (с учетом зависимости между параметрами). Но найденное количество сделок оказалось разным: с использованием среднего арифметического (способ №1) – 355, для способа №2 – 366, для способа №3, основанного на проведении имитации процесса совершения сделок – 483. Стандартное предложение продавца (0,6;0,3;0,6) на практике приводит к меньшим оценкам: способ №1 – 207 сделок, способ №2 – 273, способ №3 – 330.

Для рынка «жадных» покупателей можно построить график зависимости количества покупок от характеристик товаров, как на рис.1.

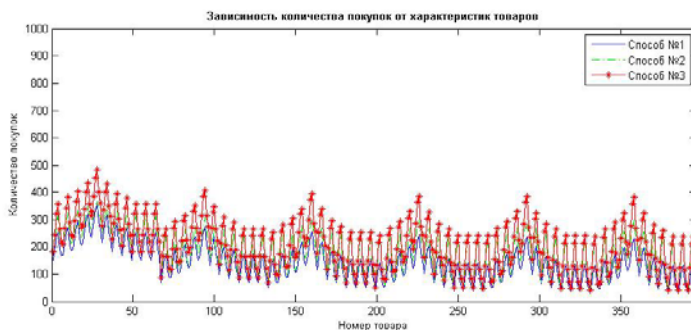


Рис. 1. Зависимость числа покупок от характеристик товаров для рынка «жадных» покупателей

Коэффициент корреляции Пирсона при попарном сравнении сгенерированных значений количества сделок (первый и второй способ, первый и третий, второй и третий) дает результат  $r > 0,96$ , что говорит об адекватности полученных результатов.

Если рассматривать рынок «особо жадных» покупателей, наилучшим предложением для всех способов остается предложение продавца (0;0,4;0,6). Если бы не накладывалось ограничение на матрицу парных сравнений, то лучшим было бы предложение (0;0,4;1). Ввиду другого поведения покупателей на рынке, количество сделок для данного предложения получается иным: способ №1 – 445 сделок, способ №2 с использованием интеграла Шоке – 478 сделок, способ №3 – 587. Для данного типа покупателей построим график, как на рис.2.

Коэффициент корреляции Пирсона при аналогичном попарном сравнении всегда удовлетворяет следующему неравенству:  $r > 0,95$ .

Заметим, что для рынка элитных покупателей лучшим оказалось предложение (1;0,4;0,8), а для «умеренных» – (0,4;0,4;0,6).

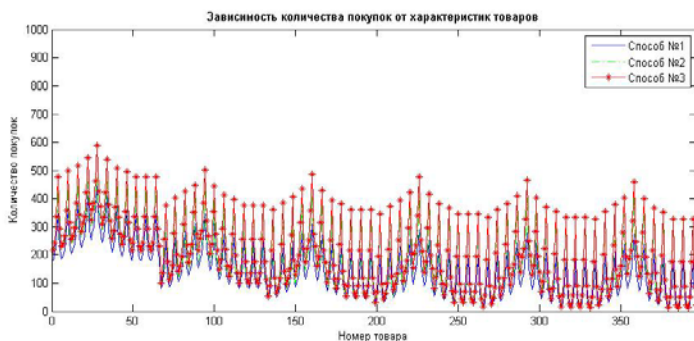


Рис. 2. Зависимость числа покупок от характеристик товаров для рынка особо «жадных» покупателей

Результаты по конкретному товару по разным типам покупателей (от оценок количества сделок были отсечены дробные части) можно свести в табл. 3.

Таблица 3

*Подсчет количества сделок для разных типов покупателей*

Тип покупателей	Вид предложения	Способ №1	Способ №2	Способ №3
«Жадные» покупатели	(0,6;0,6;0,6)	171	244	283
«Особо жадные»		218	351	383
Элитные		163	209	254
«Умеренные»		244	305	352

Для товара (0,6;0,6;0,6), где на вероятность покупки не сильно влияет размер, можно отметить меньшую разницу в оценке числа сделок между вторым и третьим способом, чем между первым и вторым. Это означает, что применение интеграла Шоке позволяет получить более близкую оценку к результатам имитации, чем использование стандартного среднего арифметического.

Удивительной особенностью рынка «умеренных» покупателей оказалось то, что не совпали вторые по успешности предложения продавца для способов №1 и №2: для одного способа, основанного на среднем арифметическом – (0,4;0,4;0,6), для другого – (0,6;0,4;0,6).

При изучении результатов представляется важным, что при рассмотрении разных типов покупателей для любого конкретного товара

количество сделок, получаемых с помощью первого способа, всегда меньше или равно количеству, получаемого с помощью способа №2. Также наибольшая оценка количества сделок всегда получается при использовании третьего способа. Опишем это с помощью неравенства:  $n_1 \leq n_2 \leq n_3$ .

Таким образом, нечеткий интеграл Шоке полезнее на практике, чем среднее арифметическое, ввиду большей близости к результатам имитации.

### **Заключение**

Многие продавцы на электронной торговой площадке делают акцент на максимально проданном количестве товара, а не на максимально высокой цене. Поэтому важна достоверная оценка количества сделок. Это достигается с помощью выбора подходящего оператора агрегирования.

Учет сильной зависимости между ценой и качеством позволил оперировать с реально существующими типами покупателей на рынках. Таким образом, возможно применение результатов для автоматизации сервисов по формированию предложений продавца. Предложение продавца может быть сформировано как для реальной ситуации на рынке, так и для всех прогнозируемых ситуаций.

На практическом примере показана полезность использования интеграла Шоке в связке с  $\lambda$ -нечеткой мерой Сугено. По сравнению со средним арифметическим интеграл Шоке позволяет учитывать, в какой степени важен тот или иной параметр товара.

### **Список литературы**

1. Олейник, Н. М. Цифровая трансформация российского рынка электронной розничной торговли / Н. М. Олейник // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. – 2021. – № 3 (129). – С. 92-97.
2. Mathematical aggregation operators and their application to video querying / Detyniecki M. [et al.]: PhD dissertation. Docteur de l'Universite – Paris, 2000.
3. Сакулин, С. А. К вопросу о практическом применении нечетких мер и интеграла Шоке / С. А. Сакулин, А. Н. Алфимцев // Инженерный журнал: наука и инновации. – 2012. – № 1.
4. Эльберг, М. С. Имитационное моделирование: учебное пособие/ М. С. Эльберг, Н.С. Цыганков – Красноярск: СФУ. – 2017.
5. Задорожный, В. Н. Имитационное и статистическое моделирование / В. Н. Задорожный – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2013. – 136 с.

6. Лейбенштейн, Х. Эффект присоединения к большинству, эффект сноба и эффект Веблена в теории покупательского спроса / Х. Лейбенштейн; пер. с англ. И. Попович. В кн.: Вехи экономической мысли – Под общ. ред. В. М. Гальперина. Т. 1: Теория потребительского поведения и спроса. – СПб. : Экономическая школа, 2000.
7. Некруткин, В. В. Моделирование распределений / В. В. Некруткин // Кафедра статистического моделирования, матмех СПбГУ. Материал к специальному курсу. – 2014. – 100 с.
8. Matveev, M. Simulation modelling for assessing the adequacy of decision support models with choosing a product offer / M. Matveev, M. Shmelev, A. Budyakov // ICID 2021. Communications in Computer and Information Science. – Springer, Cham, 2022.
9. Леденева, Т. М. Обзор основных классов операторов порядкового взвешенного агрегирования / Т. М. Леденева, И. Н. Левкина // Вестник ВГУ. Серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2022. – № 1. – С. 5-31.
10. Llamazares, B. Construction of Choquet integrals through unimodal weighting vectors / B. Llamazares // International Journal Intelligent Systems, 2018. – № 20(8). – P. 771–790.
11. Матвеев, М. Г. Информационные технологии формирования сервисов на электронной торговой площадке / М. Г. Матвеев, М. А. Шмелев, Н. А. Алейникова // Вестник ВГУ. Серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2021. – № 1. – С. 63-73.
12. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта / А. Н. Аверкин [и др.]; Под ред. Д. А. Поспелова. – М.: Наука, 1986.
13. Grabisch, M. Fundamentals of Uncertainty Calculi with Applications to Fuzzy Inference / M. Grabisch, H. T. Nguyen, E. A. Walker – Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1995. DOI: 10.1007/978-94-015-8449-4
14. Grabisch, M. The application of fuzzy integrals in multicriteria decision making / M. Grabisch // European journal of operational research. – 1996. – Т. 89. – № 3. – С. 445-456. DOI: 10.1016/0377-2217(95)00176-X

## **Секция 6**

**Интеллектуальные  
информационные  
системы, компьютерная  
лингвистика, технологии  
информационного поиска**

## **Анализ тональности текста как метод моделирования русскоязычного нарратива**

Е. В. Бирюкова, email: lenabir68@gmail.com

И. Е. Воронина, email: irina.voronina@gmail.com

Воронежский государственный университет

**Аннотация.** *Рассматриваются методы анализа тональности текста в контексте решения задачи моделирования русскоязычного нарратива. Приводятся результаты вычислительного эксперимента, демонстрирующего возможность использования готовых решений с целью дальнейшего использования результатов для моделирования русскоязычного нарратива.*

**Ключевые слова:** *нарратив, нарратология, моделирование нарратива, анализ тональности текста, график тональности, рекуррентные нейронные сети, трансформеры, метод опорных векторов.*

### **Введение**

Нарратив — повествование о некотором множестве событий, связанных друг с другом, представленное читателю или слушателю в виде текста или образов.

Нарратология — дисциплина, изучающая повествовательные тексты (нарративы), их природу, формы и функционирование, общие черты, присущие всем возможным типам нарративов, равно как и критерии, позволяющие отличать последние между собой, систему правил, в соответствии с которыми нарративы создаются и развиваются [1].

Компьютерная нарратология получила свое развитие в рамках компьютерной лингвистики. Рост интереса к интерактивным развлечениям, необходимость производить большие объемы контента повысили интерес к исследованиям автоматической генерации нарративов.

Задача моделирования текстового нарратива — одна из задач современной компьютерной нарратологии. Часто при ее решении используется анализ тональности текста: с его помощью вычисляют эмоциональный окрас тех или иных фрагментов текста, используя эти данные моделирования динамики сюжета всего произведения,

сюжетной линии конкретных персонажей, а также отношений между ними.

Анализ тональности текста — это класс методов компьютерной лингвистики, для автоматизированного выявления в текстах эмоционально окрашенной лексики и эмоциональной оценки авторов по отношению к объектам, речь о которых идёт в тексте.

Задачи, которые решались при помощи анализа тональности текста по мере развития разных способов его реализации, исторически связаны с маркетингом и продажами. Как следствие большинство методов разрабатывалось для текстов определенного жанра: обзоры, отзывы, комментарии. Среди их отличительных черт можно выделить: небольшой размер, неформальную лексику, меньшее лексическое разнообразие. Современные методы при их использовании для анализа подобного рода текстов показывают высокую точность, а полученные результаты эффективно применяются [2].

Однако для решения задачи моделирования текстового нарратива необходимо анализировать тексты большего объема с более сложной лексикой. Качество результатов при подобных входных данных большинством существующих решений не гарантируется. Более того, при применении методов, основанных на машинном обучении, отдельно возникает вопрос о допустимости использования для обучения модели корпусов, отличающихся по жанру от тестовых данных. Несмотря на то, что существуют примеры использования готовых решений при моделировании англоязычного нарратива [3], точность результатов в этих исследованиях отдельно не измерялась. Примеров же применения анализа тональности текста для моделирования нарратива на русском языке не существует.

На конференции «Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики» (Воронеж, 12-14 декабря, 2022) авторами были представлены потенциальные проблемы использования методов анализа тональности текста для задачи моделирования русскоязычного нарратива были рассмотрены более подробно, а также был представлен план исследования с необходимыми вычислительными экспериментами.

Для проведения одного такого эксперимента воспользуемся наиболее известными решениями для анализа тональности текста, поддерживающими русский язык: IBM Watson Natural Language Understanding, Microsoft Cognitive Services, Connexun Text Analysis API. Построим с их помощью графики тональности глав «Войны и мира» и сравним их. Проанализируем отдельно статистические значимые отклонения.

### **IBM Watson Natural Language Understanding**

Используется метод опорных векторов (SVM, support vector machine) — набор алгоритмов обучения с учителем, использующихся для задач классификации и регрессионного анализа. Для каждого из тонов модель обучается независимо с использованием парадигмы One-Vs-Rest. Во время прогнозирования определяются тона, которые были предсказаны с вероятностью не менее 0,5 в качестве итоговых. Для решения проблемы несбалансированности тонов вычисляется оптимальное значение веса функции стоимости для каждого из этих тонов во время обучения [4].

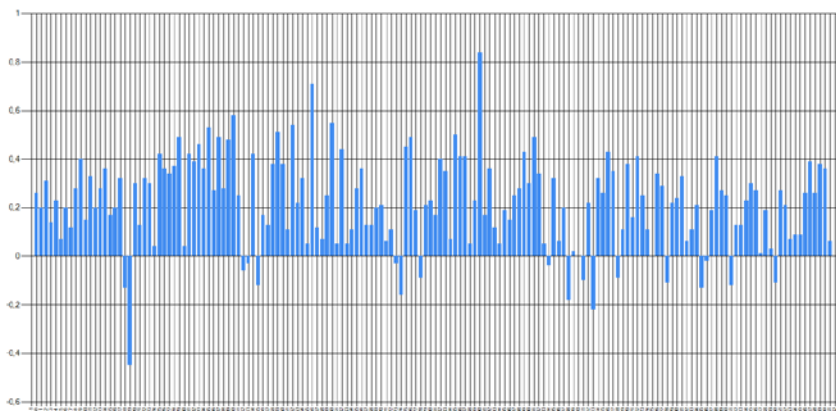
### **Microsoft Cognitive Services**

Для анализа тональности используется машинное обучение, однако данные об архитектуре модели не публикуются.

### **Connexun Text Analysis API**

Используется модель «xlm-roberta-large», дообученная для решения задачи Natural Language Inference [5]. Модель RoBERTa – это модель трансформер, предобученная на большом корпусе текстов без предварительной обработки. При обучении использовалась технология маскированной языковой модели, что выгодно отличается от часто используемых традиционных рекуррентных нейросетей.

### **Результаты вычислительных экспериментов**



*Рис. 1. IBM*



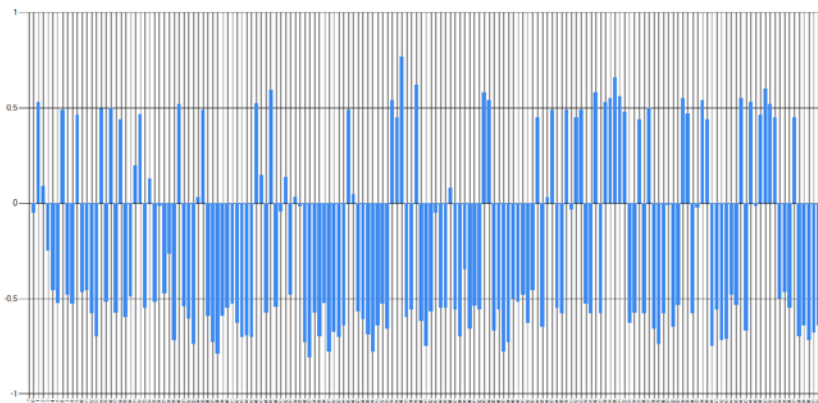


Рис. 2. Microsoft

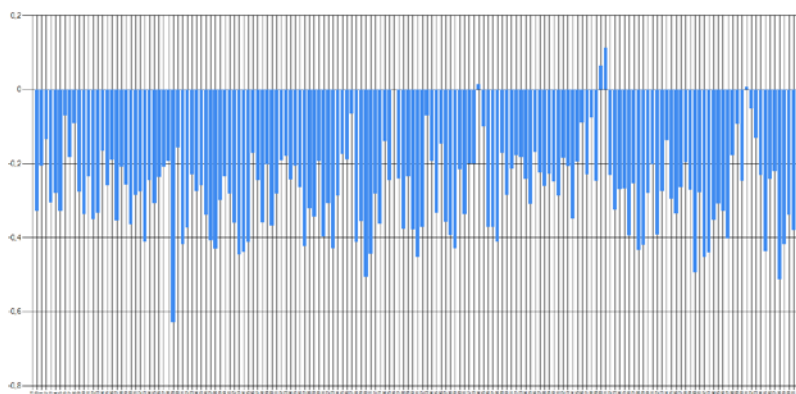


Рис. 3. Connexun

На графиках по вертикальной шкале представлена выраженность тональности от -1 до 1, по горизонтальной – номер главы. Очевидно, что полученные результаты во многом различны.

Разные решения предоставили противоположные ярлыки тональности даже для пиковых значений: из редких совпадений стоит отметить 121 главу, оцененную как положительную на всех 3 графиках; 76 главу, оцененную двумя решениями как положительную и одним как нейтральную; 19, на всех графиках оцененную как одну из самых негативных.

Графики, построенные при помощи решения от Microsoft и Connexun, имеют больше общего. Это можно объяснить тем, что они

используют более сложные модели, а также ограничивают анализируемые фрагменты текста по длине, что повышает точность.

При этом в некоторых главах (113, 89, 49, 158) при значениях близких к пиковым у Microsoft и Connexun противоположные ярлыки. Это во многом связано с тем, что почти все главы были оценены Connexun как негативные. Эта оценка, тем не менее, полностью справедлива для многих глав середины и начала и для всех глав в конце.

### **Заключение**

Таким образом, наиболее архитектурно сложное решение дало наиболее правдивый согласно предварительной оценке результат. Однако относительно небольшой разброс выраженности сантимерта необходимо исследовать более тщательно.

Так же улучшение результата с увеличением сложности модели актуализирует вопрос о построении собственного решения, поднятый еще в статье «Методы моделирования и анализа нарративов русскоязычных текстов» (материалы вышеупомянутой конференции, в печати) . Модель, используемую в Connexun, предполагается взять за основу как самую успешную в рамках эксперимента. Подход обучения без учителя при этом является принципиально важным в связи с отсутствием корпусов нужного жанра с нужной разметкой.

### **Список литературы**

1. Шмид В. Нарратология // В. Шмид. – Языки славянской культуры. – 2003. – 312 с.
2. Gonçalves P, Araújo M, Benevenuto F, Cha M. Comparing and combining sentiment analysis methods. In: Proceedings of the first ACM conference on Online social networks. ACM; 2013.
3. Min S, Park J (2019) Modeling narrative structure and dynamics with networks, sentiment analysis, and topic modeling. PLoS ONE 14(12): e0226025. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0226025>
4. Watson Natural Language Understanding // IBM. – URL: <https://www.ibm.com/cloud/watson-natural-language-understanding> (дата обращения: 13.01.2023).
5. Sentiment Analysis // Connexun. – URL: <https://connexun.medium.com/sentiment-analysis-fe35fac4831e> (дата обращения: 13.01.2023).

## **Исследование поведения клиентов на основе анализа накопленных данных телекоммуникационной компании**

М. С. Верещагина, email: vereshhagina\_m\_s@sc.vsu.ru

В. В. Гаршина, email: garshina@cs.vsu

Воронежский государственный университет

**Аннотация.** *В статье приводятся результаты исследования поведения клиентов телекоммуникационной компании-провайдера интернет услуг: динамики заключения договоров, выборов планов обслуживания, лояльности к компании, возможных причин оттока.*

**Ключевые слова:** *Data Mining, отток клиентов, анализ корпоративных данных, RapidMiner, Longinot.*

### **Введение**

Большинство крупных корпоративных компаний, вынужденных в ходе своей работы обрабатывать большие объемы клиентских данных, обращаются к технологиям машинного обучения и анализу больших данных. При таких объемах разнородной (и далеко не всегда «чистой») информации компании не всегда имеют возможность следить за ситуацией на рынке и вовремя реагировать на негативные события без использования дополнительных средств анализа. Так, один из самых популярных примеров использования технологий Data Mining в реальной жизни – это прогнозирование оттока клиентов [1].

Задача прогнозирования оттока клиентов (churn prediction) заключается в том, чтобы заранее найти и выявить категорию пользователей, склонных через определенный промежуток времени отказаться от использования услуг и продуктов компании. Точное и заблаговременное обнаружение таких клиентов позволяет более эффективно бороться с их оттоком – например, выявлять причины их ухода и принимать соответствующие меры по их удержанию. Эта задача особенно актуальна для организаций, работающих в сегменте B2C («business to consumer» или «бизнес — потребителю»), а в особенности для компаний, работающих в областях, где распространение предлагаемых компанией услуг близко к 100%. В такой ситуации задача удержания клиентов в компании и налаживания с ними взаимоотношений выходит на первый план, поэтому в данной работе будет рассмотрена методика прогнозирования оттока клиентов в B2C сегменте.

## **2. План исследования**

Основной целью проведения данного исследования является разработка сценария проведения бизнес-анализа модели поведения заключивших и расторгнувших контракты для задачи управления отношениями с клиентами телекоммуникационной компании

Для достижения поставленной цели предполагается решение следующих задач:

1. Определить признаки классификации поведения абонентов.
2. Сформировать дата сеты из истории взаимодействия компании с клиентами. Для оценки вероятности отключения того или иного абонента компании используют большое количество метрик: количество совершенных звонков в месяц, пользовательские подписки, давность последней покупки и многие другие. Поэтому мы хотим проклассифицировать отключившихся за определенный период абонентов по ряду признаков - это будет происходить в рамках итерационного процесса с корректировкой классифицирующих признаков в зависимости от полученных результатов на последующих шагах.
3. Выбрать набор алгоритмов Data Mining для решения поставленных задач.
4. Разработать сценарии для Системы Анализа Данных для выявления клиентов “в группе риска” (т. е. тех клиентов, которые в ближайшем будущем способны покинуть компанию) и наиболее влиятельных классифицирующих признаков и их значений, наибольшим образом способствующих оттоку абонентов разных групп.
5. На основе полученных результатов сформировать предложения для удержания клиентов (в первую очередь наиболее значимых для компании групп).

## **3. Исходные данные для анализа**

Данные о клиентах анализируемой компании интернет-провайдера представлены содержат 3 следующие связанные между собой таблицы Excel с информационной выборкой о клиентах этой компании:

1. Building – таблица с характеристиками места подключения клиентов
2. Client – список клиентов
3. Period – история расчетных периодов клиентов с 1 января 2008 года по 31 декабря 2022 года

Так как в задаче речь идет о клиентских данных - при подготовке датасета учитывалось, что данные должны быть предварительно анонимизированы и обезличены, т.е. не должны содержать любую персональную информацию, позволяющую идентифицировать

пользователей – и этот датасет удовлетворяет этому условию. Этот набор данных отслеживает отток клиентов телекоммуникационной компании на основе множества возможных факторов.

#### 4. Разведывательный анализ

Существуют разные подходы к анализу оттока клиентов. Большинство из них основано на интеллектуальном анализе данных, показывающих в современном мире высокую эффективность и производительность [2].

В качестве основного инструмента для проведения анализа после обзора рынка инструментов было решено выбрать аналитическую платформу Loginom. Данное решение отчасти обусловлено доступностью бесплатной полнофункциональной версии программы.

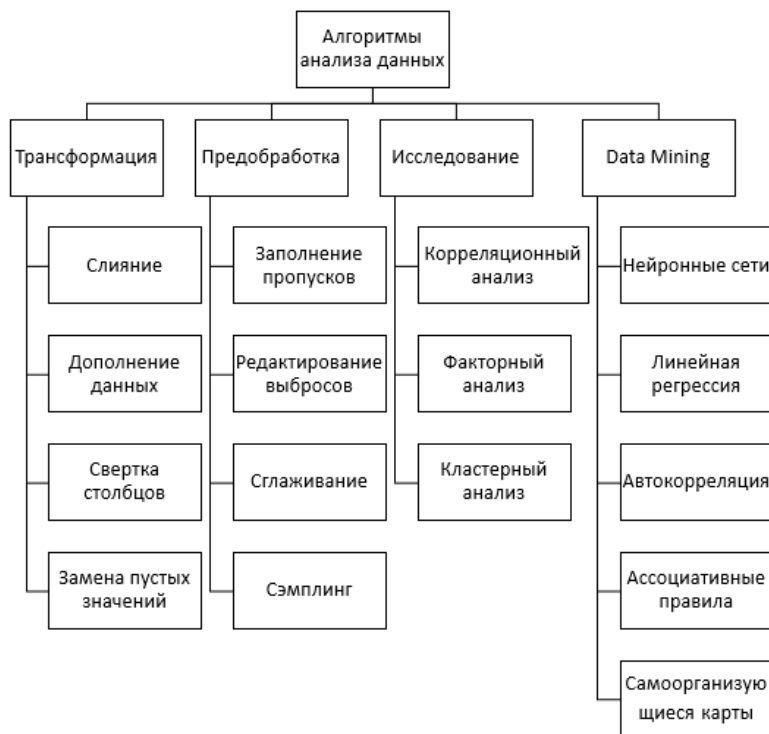


Рис. 1. Классификация алгоритмов анализа данных

На рис. 1 показаны различные алгоритмы обработки данных, которые доступны в программе Loginom для нахождения и извлечения скрытых закономерностей из информации [3].

В ходе данного исследования применялись такие методы, как слияние нескольких таблиц в одну, заполнение пропусков, сэмплинг, внутреннее обогащение данных и другие. К примеру, *sdate* – начало расчетного периода клиента является непрерывным атрибутом, который надо дискретизировать, чтобы получить категориальный атрибут для дальнейшей классификации. Для каждого из клиентов по истории расчетных периодов были выявлены дополнительные плоские признаки для анализа данных – например, дата прихода и ухода пользователя из компании. На основе этих данных были построены графики притока/оттока клиентов по годам и месяцам, представленные на рис. 2-3.

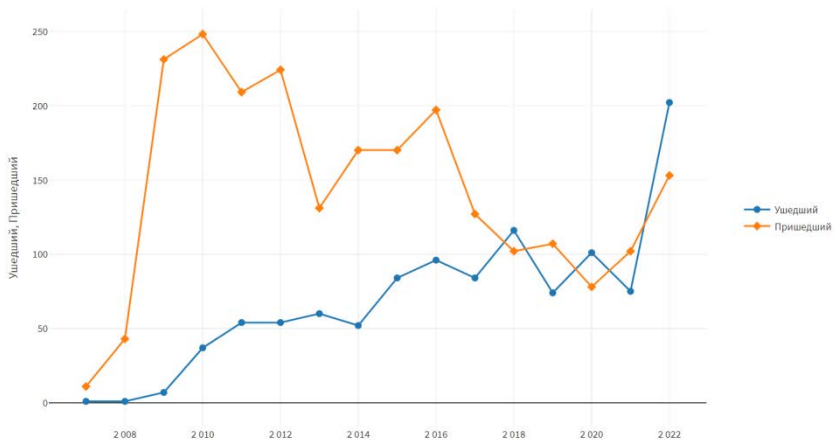


Рис. 2. Общий приток/отток по годам

Можно заметить, что с 2016 года постепенно снижается прирост клиентской базы и наблюдается увеличение оттока клиентов. При этом наблюдается тренд сезонности в явлении притока и оттока клиентов – наибольшее количество клиент заключают договора в начале осени или весны, а расторгают в летний период, что может быть связано с иностранными студентами, приезжающими на учебу по обмену, и временными иногородними рабочими.

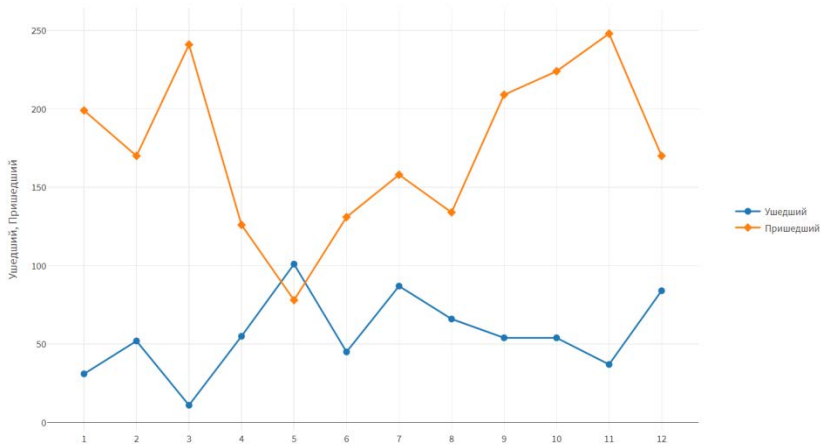


Рис. 3. Тренд сезонности

## 5. Описание данных для анализа методами Data Mining

Сегментирование клиентов в зависимости от их профилей в БД проводилось с использованием аппарата самоорганизующихся карт Кохонена, основанных на обучении нейронной сети Кохонена (без учителя) для решения задач классификации и кластеризации. Карты Кохонена являются методом проецирования многомерного пространства в пространство с более низкой размерностью (чаще всего, двумерное) и применяется также для решения задач моделирования, прогнозирования и др. В программе Logipom карта Кохонена это еще один настраиваемый компонент, который можно связывать с другими.

Размер карты Кохонена выбран опытным путем и составил 2 на 2 шестиугольников. Каждый из шестиугольников является нейроном сети. При данном варианте сеть состоит из 4 нейронов, обучение проходит без появления «пустых» нейронов, негативно сказывающихся на оценке полученной информации.

В таблице представлены входные атрибуты, использованные для обучения нейронной сети.

## Используемые для анализа атрибуты

Атрибут	Значение
Sdate	Начало расчётного периода
tp_name	Тарифный план
Пришедший	Флаг, маркирующий, что данный расчётный период является первым для клиента
Ушедший	Флаг, маркирующий, что данный расчётный период является последним для клиента
discount_tv_sum	Сумма списаний за дополнительные пакеты телевидения
discount_stb_sum	Сумма списаний за аренду приставки
discount_router_sum	Сумма списаний за аренду/рассрочку/покупку роутера
discount_ont_sum	Сумма списаний за ONT
discount_pole_sum	Сумма списаний за использование осветительных опор
discount_vss_sum	Сумма списаний за видеонаблюдение
discount_visit_sum	Сумма списаний за единократные услуги (визит специалиста и т.п.)

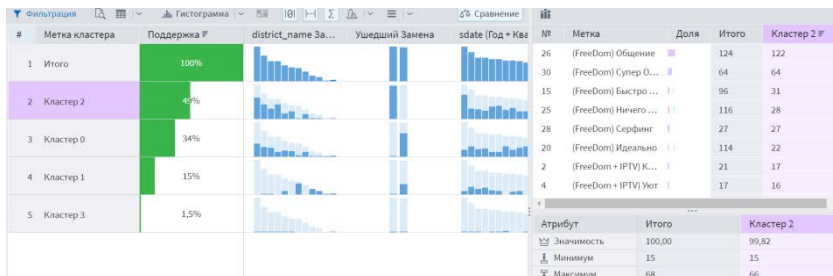


Рис. 1. Итоговые кластеры



Результатом обучения нейронной сети является построение кластеров и карты сегментирования клиентов по их профилям, представленные на рисунке 4. По каждому из полученных кластеров приведена информация о его мощности и уровнях значимости для каждого из входных полей, а так же и оценка общей мощности того или иного кластера. По построенным картам можно оценить лояльность клиентов к той или иной услуге, увидеть связи ранее не заметные во влиянии услуг друг на друга.

В результате обучения нейронная сеть обнаружила 4 независимых кластера с типичными поведениями клиентов в использовании услуг. Сформировано 2 мощных кластера размером 49% (кластер ушедших клиентов) и 34% выборки (кластер пришедших клиентов), 1 не значительный кластер мощностью около 15% (пришедшие клиенты, живущие в частных домах и использующие дополнительные услуги) и 1 практически пустой кластер.

Были выявлены следующие закономерности:

- Большинство клиентов, ушедшие в последние 3 года, пользовались архивными тарифами;
- Общая информированность клиентов о дополнительных услугах (доп. пакеты телевиденья, аренда роутера/приставки, ONT, видеонаблюдение и т. д.) составляет не более 30%.

### **Заключение**

Данная статья посвящена разработке методики проведения анализа клиентских данных в среде Loginom для исследования основных поведенческих паттернов клиентов телекоммуникационной компании с целью предотвращения оттока клиентов. В ходе работы был выявлен ряд закономерностей, которые предстоит проанализировать и глубже изучить; в частности - проанализировать удельный приток/отток по группам и подгруппам, а не общее количество пришедших/ушедших клиентов, включить дополнительные метрики (возраст, пол, динамику по району, анализ «среднего чека» и т.д.)

### **Список литературы**

1. Кудинов А. Т. CRM: российская практика эффективного бизнеса / А. Т. Кудинов, Е. Гольщева, М. Сорокин. – М. : Издательство 1С-Пабблишинг, 2009. - 374 с.
2. Барсегян, А. А. Методы и модели анализа данных: OLAP и Data Mining / А. А. Барсегян, М. С. Куприянов, В. В. Степаненков, И. И. Холод. – СанктПетербург : БХВ Петербург, 2012. – 335 с.
3. Loginom – Руководство пользователя [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://help.loginom.ru/userguide/>

# Методика автоматизированного классифицирования, нормоконтроля и проверки уникальности текстовых документов

В. В. Ветохин, email: daiolix@yandex.ru  
Д. А. Романов, email: videogameshateme@icloud.com  
К. С. Попова, email: popovaksenia128@gmail.com  
С. В. Лукьянец, email: lukyanec35@mail.ru  
К. А. Костюков, email: kostukovkonstantin70@gmail.com

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»

**Аннотация.** *В статье рассматривается проблема применения автоматизированных систем для проверки текстовых документов на наличие в них чужой интеллектуальной собственности и автоматизации нормоконтроля оформления текстовых документов. Был исследован процесс расширения функциональных возможностей инструмента автоматизированного поиска ошибок. В результате был разработан алгоритм проверки последовательности действий по формализации требований стандартов, регулирующих и регламентирующих оформление документации.*

**Ключевые слова:** *Антиплагиат, текстовый документ, автоматизация, нормоконтроль, цифровой документ, алгоритм, стандарты.*

## Введение

В настоящее время, при стремительном развитии технологий всё больше и больше текстовой документации переходит в цифровой формат. Именно переход к цифровизации особенно четко требует выполнения правил, которые едины и прописаны в стандартах. Этот процесс сильно затронул технические учебные заведения, где большинство документов отныне используются в цифровом формате.

В документообороте университета содержится огромное количество данных в виде документов, поступающих от студентов на проверку преподавателям. Эти документы подлежат обязательной проверке на правильность оформления, однако ручная проверка работ, как правило, занимает немало времени проверяющего.

Существуют единые требования к оформлению текстовых документов, соблюдение которых необходимо. При этом подавляющая часть этого списка, а именно: пояснительные записки выпускных

квалификационных работ, курсовых работ и проектов, а также отчеты по лабораторным работам и практикам — подлежит как обязательной проверке преподавателем на содержание, так и обязательному нормоконтролю, поскольку каждый документ должен быть оформлен в соответствии с определенными требованиями и нормами.

При этом проблема осуществления качественного нормоконтроля при сокращении времени на рутинную работу стоит перед разработчиками достаточно давно. И ее актуальность со временем не уменьшается.

Таким образом, существование программного обеспечения, которое способно в кратчайшие сроки выявить все ошибки, могло бы очень помочь преподавателям.

Решением данного вопроса является интеллектуальная автоматизированная система, представляющая собой программно-аппаратный комплекс для проверки текстовых документов на правильность оформления и наличие заимствований из открытых источников сети Интернет и других источников, целью которой является сокращение времени на проверку и классификацию документов, за счет внедрения новой методики.

## **2. Анализ имеющихся систем**

Существует три больших класса систем для поиска заимствований:

1. Поисковые системы сети Интернет. Не предназначены для поиска заимствований, но с их помощью можно искать заимствования вручную.

2. Метапоисковые системы и системы антиплагиата, не имеющие значимой собственной базы документов. Работают посредством формирования вызовов на основе проверяемого документа к популярным поисковым машинам сети Интернет, интерпретируют их результаты. Для ускорения работы оперируют стоп-словами и проводят непоследовательную проверку документа (метод выборки) и др.

3. Специализированные системы антиплагиата с собственными алгоритмами поиска совпадений и собственными базами документов.

На рисунке представлена схема работы сервисов, позволяющих проверить документ на заимствование их открытых источников.

Существует не так уж и много подобных сервисов, но и у них есть свои недостатки. Был проведён анализ и вычислены недостатки некоторых аналогов. Одним из таких является «Text.ru», данный антиплагиат имеет длительное время обработки информации, а также большую задержку в проверке текста. Так же не позволяет загружать файл в формате .txt, .doc, .pdf. Рассмотрим другую систему – «Тектовод». Данный сервис также не позволяет загружать документы различных

форматов, кроме того, одним из недостатков является непонятный и неудобный интерфейс.

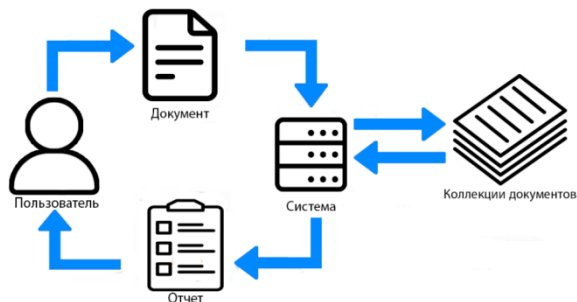


Рисунок. Схема работы систем антиплагиат

По нормоконтролю и определению группы специальностей сервисы не известны.

### 3. Описание сервиса

Мы видим следующее решение проблем: мы создаём собственное отдельное веб-приложение, с понятным и доступным интерфейсом на русском языке, с возможностью вставки текстового документа любого формата и с бесплатной пробной подпиской. Данное решение упрощает и ускоряет обработку документов, проверку их оригинальности и нормоконтроля. В перспективе также рассматривается возможность добавления нового функционала, который также будет сверять УДК обрабатываемого документа и проверять его на соответствие с заданной темой.

Основные этапы работы выражены в следующем виде:

1. загрузка и сохранение нового документа на сервер, проверка его оформления;
2. сохранение документа на сервере;
3. получение свойств документа;
4. классификация;
5. проверка документа на соответствие выбранным;
6. сохранение последних результатов проверки.

### 4. Работа сервиса

В основу разработки системы автоматизированной проверки соответствия требованиям оформления была положена клиент-серверная архитектура. Необходимо было предусмотреть реализацию

архитектуры с учетом непрерывности процессов создания и проверки оформления документа. Основные идеи:

- реализация проверки оформления электронных документов единого наиболее распространенных форматов электронных документов — docx, pdf, txt;
- клиент отправляет файл в исходном виде на сервер;
- на сервере запускается ряд последовательных процессов по проверке документа на соответствие требованиям оформления соответствующего стандарта (включая модуль машинного обучения и модуль проверки);
- итогом работы серверной части является список абзацев и список ошибок к ним, а также процент заимствования.

### **5. Реализация проекта**

В рамках проектирования сервиса, его работа была разделена на несколько модулей. Модуль для взаимодействия с документами в этой системе занимает одно из ключевых мест.

Один из таких модулей - python-docx, с помощью которого имеется возможность создавать и изменять документы с расширением docx. Данный модуль может помочь в анализе документов для создаваемого проекта. Изучение и реализация препроцессинга в python, подразумевающего собой очистку данных и токенизацию.

Для поиска сопоставлений между словами Мы используем модель Average Word Embeddings Model (модель среднего количества сопоставлений слов).

Для определения тематики текста, мы используем библиотеку NLTK для анализа текста и библиотеку wordcloud для построения облака слов.

### **Заключение**

В статье изучена проблема избытка данных в документообороте университета и отсутствия средств для их автоматизированной проверки на соответствие правилам оформления. Также рассмотрены способы работы с документами, на основе которых составлен алгоритм поиска ошибок оформления в отчетах и пояснительных.

Подводя итог, можно заключить, что подобное приложение - очень полезное решение для учебных учреждений в современном мире, оно способно в разы сократить и улучшить обработку цифровых документов, поэтому автоматизация данного продукта является необходимой задачей.

### Список литературы

1. Зими́на Е. В, Кайно́ва В. Н. Метрологическая экспертиза и нормоконтроль технической документации / В. Н. Кайнова. – М. : Лань, 2019. – 500 с.
2. Трофимов В. Б., Кулаков С. М. Интеллектуальные автоматизированные системы управления технологическими объектами / В.Б. Трофимов – М. : Инфра-Инженерия, 2020. – 256 с.
3. Бородин И.Ф. Автоматизация технологических процессов и системы автоматического управления / И.Ф. Бородин. – М. : КолосС, 2006. – 352 с.
4. Насыров Н.Ф., Кобе́ц Е.А., Горлушки́на Н.Н. Автоматизированная генерация учебных подзадач на основе методики тегов и критериев // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки – 2020. – № 3. — С. 102–107
5. Ивановский А.А. Объектная модель системы избирательного распространения информации. Научные и технические библиотеки. 2019;(4):61–75.
6. Байбаков В., Клименко Э. Опыт нормоконтроля. Техническое задание на разработку автоматизированной системы // Стандарты и качество – М., 2012– № 7 С: 42–47

# Применение искусственного интеллекта в компаниях сферы услуг

Е.А. Власова, email: vlasova.ea@yahoo.com

Санкт-Петербургский государственный  
экономический университет

**Аннотация.** *В статье описаны примеры применения элементов искусственного интеллекта в организациях сферы услуг. Особое внимание уделено чат-ботам.*

**Ключевые слова:** *искусственный интеллект, чат-боты, компании сферы услуг.*

## Введение

В условиях современных реалий все больше возникает необходимость в использовании сервисов искусственного интеллекта на основе моделей машинного обучения в компаниях сферы услуг.

Основными бизнес-процессами организаций сферы услуг являются поиск и привлечение клиентов, оказание и продажа услуг. Бизнес-процессы, связанные с оказанием услуг, создают ценность в ходе взаимодействия с клиентами, и самым важным здесь является опыт потребителя. Иначе говоря, продуктом здесь является процесс оказания услуг.

Неотъемлемой частью качественного процесса оказания услуги являются сотрудники, поскольку именно они играют ключевую роль в формировании отношений между потребителем и компанией. В то же время, роль программного обеспечения не менее важна. Зачастую именно информационные системы являются тем связующим звеном, которое обеспечивает предоставление высококлассной услуги [8]. Применение искусственного интеллекта призвано минимизировать человеческий фактор.

## Основная часть

В настоящее время в организациях сферы услуг искусственный интеллект представлен большими данными, экспертными системами, системами автоматического проектирования, системами диалога на естественном языке между человеком и самой системой, системами обработки визуальной информации [6]. Также элементами искусственного интеллекта можно считать чат-боты, таргетированные и

контекстные рекламы. Для поиска и привлечения клиентов используются: большие данные, чат-боты, таргетированная и контекстная рекламы [2].

Чат-боты являются одним из самых трендовых направлений. Для повышения продаж с помощью чат-ботов создаются автоворонки, для повышения лояльности клиентов через чат-боты можно раздавать промокоды и бонусы, в сфере туристических услуг можно осуществлять букинг и резервирование билетов и различных услуг, для улучшения качества обслуживания можно собирать обратную связь через интерактивные опросники в чат-ботах, а также с помощью чат-ботов можно осуществлять поддержку клиентов.

Чат-боты по алгоритму работы бывают ограниченными и саморазвивающимися. Ограниченные отвечают на запрос пользователя, если он точно совпадает с заранее разработанным скриптом, количество ответов такого чат-бота ограничено. Саморазвивающиеся же функционируют на основе искусственной нейронной сети, при разговоре с пользователем со временем обучаются и дают на запросы более релевантные ответы [4]. Эффективность взаимодействия чат-бота с клиентами можно повысить с помощью геймификации, то есть введения элемента игры [3].

Создавать чат-боты помогают программы-конструкторы. Для создания бота в мессенджере в Facebook Messenger есть конструктор Manychat.com, в мессенджере Telegram есть Manybot.io., для сообществ «ВКонтакте» - RoboChat.io, для социальной сети «ВКонтакте» - BotVK, а также конструктор для нескольких популярных мессенджеров Telegram, WhatsApp, Viber, Facebook Messenger, Instagram, «ВКонтакте» и Одноклассников – Botmother.com.

Чат-боты по способу ответа пользователю бывают: основанные на правилах –ранжирующие (retrieval models), генерирующие (генеративные, или refine models), порождающие (сценарный движок).

Ранжирующие позволяют выбирать готовые ответы из заранее определенного банка реплик. Генеративные предназначены для генерации ответов «на лету». На международной конференции по искусственному интеллекту и анализу данных AI Journey 2022, состоявшейся 23-24 ноября 2022 в on-line формате сотрудники SberDevices Валентина Хлебутина и Валерий Терновский поделились опытом, как они улучшили генеративную модель и получили неограниченный потенциал расширения доступных для разговора доменов и стабильный рост метрик качества виртуальных собеседников Сбер, Афины и Джоя. Качество отслеживается также и путем внедренного командой ноу-хау: «натравливаются» модели разных



поколений и разных архитектур друг на друга, и модели общаются между собой на разные темы [11].

Чат-боты также популярны в сфере туристических услуг. Существует чат-бот Expedia (в Facebook Messenger), который помогает в бронировании отеля, чат-бот Hello Hipmunk (в Facebook Messenger), который планирует маршрут путешественника, Booking Assistant (от Booking.com), который оказывает помощь туристам в бронировании, а также в предоставлении всей необходимой информации о поездке сочетает в себе технологии искусственного интеллекта и функции службы поддержки сайта Booking.com [1].

Также в туризме используются роботы. Например, известен робот-консьерж Connie, который используя речь рассказывал гостям о гостинице, ресторанах и местных достопримечательностях [1]. В Японии в «Странном отеле» роботы являлись основным персоналом [9]. Роботы, кроме высвобождения у гостиниц времени, являлись и являются лид-магнитом для новых клиентов. Пандемия Covid-19 еще больше повлияла на частоту использования роботов в сфере туризма. С помощью роботов многие гости стали получать бесконтактное обслуживание. На конец 2021 года в уже в 4 отелях Болгарии для оказания услуг клиентам использовались роботы, которые помогали гостям дойти до номера, информировали постояльцев по запросам, а также обеспечивали уборку и дезинфекцию воздуха [10].

В сфере финансовых услуг используются мобильные экосистемы, большие данные, голосовые помощники, чат-боты, робоэдвайзинг и гиперперсонализация. Большие данные нужны для управления продажами, сегментации привычек клиентов, оценки рисков и анализа конкурентов [7]. Гиперперсонализация заключается в том, что банковские продукты становятся персональными, условия обслуживания подстраиваются под уровень дохода и образ жизни клиента.

Голосовые помощники есть у Bank of America (Erica), Capital One (Eno), ICICI Bank (iPal), у Тинькоффа (Олег), Сбера (Сбер, Афина и Джой) и Альфа-Банка (Альф). Для их создания применяется синтез речи, chat-chat модели и технологии машинного обучения. Примеры чат-ботов: «Тинькофф Кредитные Системы», робот-консультант ВТБ24, робот Максим Рублев [5].

Существует технология Comprehend от АBBY, которая переводит естественный язык на язык понятий, Компьютерная система IBM Watson, основанная на технологии DeepQA, которая извлекает и анализирует тексты на естественном языке и ищет ответы на вопросы.

## Заключение

Таким образом, за счет достижений в области искусственного интеллекта улучшаются процессы взаимодействия с клиентами компаний сферы услуг.

## Список литературы

1. Багдасарян Р.Х. Современное состояние и роль искусственного интеллекта в сфере туризма / Р.Х. Багдасарян, М.А. Решетова // Культура и время перемен. – 2022. – № 2 (37). – С. 8-11.

2. Жеребцова Ю.А. Сравнение моделей векторного представления текстов в задаче создания чат-бота / Ю.А. Жеребцова, А.В. Чижик // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Лингвистика и межкультурная коммуникация. – 2020. – Т.18. – № 3. – С. 16-34.

3. Идрисов Л.М. Повышение эффективности чат-ботов с помощью геймификации / Л.М. Идрисов // В сборнике: Физико-математические и технические науки как фундамент становления постиндустриального общества. Сборник статей Международной научно-практической конференции. Уфа – 2020. – С. 28-30.

4. Применение элементов искусственного интеллекта в маркетинговой деятельности компаний / В.А. Бондаренко [и др.] // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2019. – № 4(74). – С. 41-47.

5. Рудская, Е. Н. Искусственный интеллект для бизнеса: трансформация эффективных запросов в реальные продажи / Е. Н. Рудская, Л. В. Десятниченко // Молодой ученый. – 2015. – № 8 (88). – С. 621-631.

6. Шамшаев М.Ю. Применение искусственного интеллекта в управлении взаимоотношениями с клиентами / М.Ю. Шамшаев, Д.И. Кондрашин // В сборнике: СТУДЕНТ ГОДА 2021. Сборник статей Международного учебно-исследовательского конкурса в 6-ти частях. Петрозаводск. – 2021. – С. 56-61.

7. «Олег, где деньги?» — как голосовые помощники и другие технологии меняют наше взаимодействие с банком [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://redmadrobot.ru/dizajn-1/oleg-gde-dengi-kak-ii-golosovye-pomoshniki-giperpersonalizacziya-i-drugie-tehnologii-menyayut-nashe-vzaimodejstvie-s-bankom>

8. Процессы в производстве и в сфере услуг [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://bpms.ru/post/20220922-manufacturing-vs-service-processes/>

9. Роботы вместо людей. История японского отеля Henn-na, у которого не получилось [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://thinktraveltech.com/news/razbor/henn-na-hotel>

10. Роботы в туризме – могут ли они заменить человека? Венета Николова [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://bnr.bg/ru/post/101566409>

11. Собеседник и генеративные chat-chat модели. Валентина Хлебутина, SberDevices. Валерий Терновский, SberDevices [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [https://ai-journey.ru/archive/?year=2022&video=https://vk.com/video\\_ext.phpq3u4e5st6io8nm7a0rkoid=-22522055a2n3did=456242569a2n3dhash=4b8704f4114c69c5a2n3dautoplay=1](https://ai-journey.ru/archive/?year=2022&video=https://vk.com/video_ext.phpq3u4e5st6io8nm7a0rkoid=-22522055a2n3did=456242569a2n3dhash=4b8704f4114c69c5a2n3dautoplay=1)

## Анализ экспериментальных данных выбора варианта при нечетком сравнении строк

И. Е. Воронина, e-mail: irina.voronina@gmail.com

Н. А. Экерт, e-mail: ekertn7@gmail.com

Воронежский Государственный Университет

**Аннотация.** *Рассматривается актуальная проблема выявления опечаток и орфографических ошибок в тексте. Приводятся результаты анализа экспериментальных данных, полученных с целью улучшения ранее представленного алгоритма контекстно-независимого выбора варианта при нечетком сравнении строк.*

**Ключевые слова:** *нечеткое сравнение строк, расстояние Джаро-Винклера, исправление опечаток, исправление орфографических ошибок.*

### Введение

Задача анализа комментариев в социальных и корпоративных сетях не теряет своей актуальности. Одной из важных проблем является корректное представление информации, другими словами, выявление орфографических ошибок, опечаток и т.д. Поэтому в основе решения задачи лежит разработка алгоритма выбора варианта нечеткого сравнения строк.

Задача является объемной и нетривиальной, что требует введения ряда ограничений. Анализ будут подвергаться отзывы, которые оставляют работники организации (предприятия) в корпоративных сетях. Частным случаем является отзывы на изменение версий программного обеспечения. Введенные ограничения позволят избежать использования ненормативной лексики и сленговых выражений. Исследование нацелено на пользователей с достаточным уровнем интеллекта и образования.

На международной научной конференции «Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики» (Воронеж, 12-14 декабря 2022) авторами была проведена классификация некоторых видов ошибок, совершаемых пользователями в процессе ввода текста. Для анализа использовались следующие виды ошибок:

1. Ошибки слитно-раздельного написания (перечисленные методы → перечисленные методы, приве тчеловек → привет человек, м олоко → молоко).

1. Орфографические ошибки (кинотиатр → кинотеатр).
2. Опечатки (ломось → лосось).
3. Дубликаты символов (клавиатуууууурааааа → клавиатура).
4. Ложные нажатия (припеов → припев).

## 2. Метод нечеткого сравнения строк

Методы нечеткого сравнения строк хорошо подходят для решения проблемы нахождения опечаток и орфографических ошибок в тексте [1]. Данные методы предназначены для поиска похожих, но не совпадающих в точности строк. Ранее нами был произведен анализ наиболее известных методов нечеткого сравнения строк, среди которых алгоритм поиска редакционного расстояния Левенштейна, Дамерау-Левенштейна, расстояния Хэмминга и Джаро-Винклера.

Для каждого из методов были разработаны программные средства на языке Python 3 без применения сторонних решений. Оценка скорости работы рассматриваемых методов производилась на строках различной длины от 10 до 100 символов с шагом в 10 символов. Алгоритмы были протестированы с использованием и без использования словаря на предварительно сформированном наборе данных, произведена оценка по следующим критериям: сложность, время выполнения алгоритма без использования и с использованием словаря. Результаты тестирования алгоритмов приведены в табл. 1.

Таблица 1

*Результаты тестирования алгоритмов*

Алгоритмы	Метрики		
	Сложность	Время выполнения алгоритма без использования словаря, сек	Время выполнения алгоритма с использованием словаря, сек
Расстояние Хэмминга	$O(n)$	$25,9 \cdot 10^{-6}$	$462 \cdot 10^{-3}$
Расстояние Джаро-Винклера	$O(n)$	$21,3 \cdot 10^{-6}$	$486 \cdot 10^{-3}$
Расстояние Левенштейна	$O(n^2)$	$62,3 \cdot 10^{-6}$	17
Расстояние Дамерау-Левенштейна	$O(n^2)$	$1,78 \cdot 10^{-3}$	43

При сравнении алгоритмов были выявлен ряд отличий. Так, например, алгоритм Хэмминга наделен существенным недостатком – возможностью проводить сравнение на строках только равной длины. Алгоритм поиска редакционного расстояния Левенштейна и Дамерау-Левенштейна более чем в 120 раз уступают алгоритму Джаро-Винклера и Хэмминга по скорости работы на длине строк превышающих 20 символов из-за высокой алгоритмической сложности.

Ключевым критерием при выборе алгоритма являлось время его выполнения. Таким образом, за основу при проведении дальнейшего исследования был выбран алгоритм нечеткого сравнения строк Джаро-Винклера [2–5], дополнительным преимуществом которого является выдача нормированного результата по умолчанию.

В случае наличия множественного выбора при нечетком сравнении строк, предлагается контекстно-независимый алгоритм выбора варианта, позволяющий выбрать наиболее подходящее слово из предложенных вариантов с некоторым коэффициентом уверенности.

Алгоритм разделен на несколько этапов: выбор варианта с учетом опечаток, с учетом орфографических ошибок и на основе экспериментально полученных данных.

### **3. Выбор варианта с учетом опечаток**

Ранее была сформирована гипотеза о распределении весовых коэффициентов в зависимости от удаленности символов на устройстве ввода. Сформирован ряд правил, используемых для формирования словаря распределения символов. Важно подчеркнуть влияние выбранного источника ввода (клавиатура персонального компьютера, виртуальная клавиатура мобильного устройства) на формирование словаря.

В случае использования клавиатуры персонального компьютера в качестве устройства ввода, предполагается, что коэффициент уверенности при выборе соседствующего символа тем больше, чем больше площадь соприкосновения клавиш. В случае если площадь соприкосновения двух и более клавиш одинакова, выбирается тот символ, расстояние до которого от одной из крайних точек на клавиатуре минимально. Крайние точки определяются как точки, максимально удаленные от центра клавиатуры.

В случае использования виртуальной клавиатуры мобильного устройства, предполагается, что инструменты автокоррекции и предиктивного ввода отключены, коэффициент уверенности при выборе соседствующего символа тем больше, чем меньше расстояние от символа до нижней правой крайней точки на клавиатуре.

#### 4. Выбор варианта с учетом орфографических ошибок

Ранее было выдвинуто предположение о распределении весовых коэффициентов с учетом частоты встречаемости орфографических ошибок, составлен словарь распределения символов, представленный в табл. 2.

Таблица 2

*Распределение коэффициентов уверенности при выборе символов*

Заменяемый символ	Коэффициент уверенности замены (k)			Пример
	3	2	1	
А	О			Малако → молоко
Б	П			Ошипка → ошибка
В	Ф			Верёфка → верёвка
Г	Х			Снех → снег
Д	Т			Бутка → будка
Е	Ё	И	Э	Митель → метель, кэта → кета
Ё	Е	О		Шепот → шёпот, шел → шёл
Ж	Ш			Эташ → этаж

#### 5. Выбор варианта на основе экспериментально полученных данных

Для реализации этапа выбора варианта на основе экспериментально полученных данных необходимо проведение вычислительного эксперимента с привлечением определенной группы людей [6]. Для формирования группы использовался метод случайного отбора с целью обеспечения репрезентативности и содержательности экспериментальной выборки. Было привлечено 17 человек различного пола в возрасте от 19 до 57 лет.

Для исследования сформирован набор данных, включающий 1000 предложений из известных литературных произведений. Участники эксперимента выполняли скоростной набор текста через предоставленный им графический интерфейс. В качестве устройства ввода использовалась клавиатура персонального компьютера. Предложения выбирались в случайном порядке.

Каждый участник совершал равное количество наборов текста. За время проведения эксперимента было собрано 1700 предложений, включающих 1378 слов, написанных с ошибками. В случае искажения слова при печати, оно служит исходным материалом для пополнения

набора данных. Сформированный набор данных был проанализирован на предмет количества повторений ошибок в словах из выборки, составлен словарь распределения наиболее часто встречающихся опечаток с весовыми коэффициентами для каждой буквы алфавита. Частотность, при этом, являлась основным критерием в процессе назначения весовых коэффициентов.

Результирующая выборка была дополнена данными об операторе (пол, возраст, род деятельности), производящем набор текста с целью дальнейшей кластеризации данных. Результирующий набор данных с распределением весовых коэффициентов представлен в табл. 3.

Таблица 3

*Результирующий набор данных*

Заме- няемый символ	Распределение символов (символ: весовой коэффициент)								
	А	О:32	В:45	У:19	И:16	Я:9	М:32	Е:47	К:19
Б	П:44	Ь:12	Л:15	Ю:72	Т:5	Д:42	О:6	М:2	
В	Ф:26	А:32	И:4	Ы:23	К:16	У:19	Ц:5	Ч:12	
Г	Х:34	Ш:17	Н:31	О:19	Р:12	Т:3	Щ:2	Р:11	
Д	Т:37	Л:36	Ж:21	Щ:12	Ш:7	З:11	Б:8	Л:9	
Е	Ё:93	И:53	Э:9	Н:34	К:18	П:23	У:9	Ч:7	

Получение данных в случае использования мобильных устройств с сенсорной клавиатурой имеет свои специфические особенности. С помощью разработанных программных средств на языке Python из открытых источников было произведено извлечение текстов, написанных пользователями с применением клавиатуры мобильного устройства в качестве источника ввода.

Затем с использованием словаря русского языка и реализации алгоритма нечеткого сравнения строк были найдены слова, написанные с ошибками, и подобраны наиболее подходящие замены из словаря. В случае если слово имеет 2 и более варианта словарного написания, оно исключалось из выборки. Пороговое значение максимум в 2 перестановки не позволило сильно отличающимся словам попасть в итоговую выборку. Таким образом, было проанализировано 10000 коротких текстов и выявлено 14769 слов, написанных с ошибками.

Составлен словарь распределения наиболее часто встречающихся опечаток с весовыми коэффициентами для каждой буквы алфавита. Основным критерием в процессе назначения весовых коэффициентов тоже являлась частотность.



## 6. Объединение результатов

Для выбора определенного варианта из двух или более слов при нечетком сравнении строк, необходимо применить к каждой паре слов вышеупомянутые алгоритмы и, получив значения в виде коэффициентов уверенности, выбрать наибольший из коэффициентов.

Для оценки качества рассматриваемого алгоритма был сформирован набор тестовых данных, включающий в себя варианты слов с опечатками и множественным выбором при нечетком сравнении строк. Для каждого слова выбран определенный вариант, соответствующий правильному написанию. Объем набора данных составлял 1000 слов. Так как алгоритм является линейным, для оценки качества работы алгоритма использовалась метрика точности, значение которой составило 84%.

При анализе результатов работы можно сделать вывод о корректном выборе варианта слов в 84 случаях из 100. Следует обратить внимание на то, что в используемых данных было исключено использование сленговых выражений и ненормативной лексики. Алгоритм совершает ложноположительное срабатывание в результате отсутствия контекста, ориентируясь на показатель частотности замены символов. Пример вывода представлен на рисунке.

```
удевиться -> удивиться  
пришол -> пришёл  
убааллсш -> убралась  
зделать -> сделать  
обьяснить -> объяснять  
моыатп -> мотать  
сувать -> совать  
токль -> такой  
ошыпка -> ошибка  
руском -> пуском  
минусать -> миновать  
плейя -> племя  
бутер -> буфет  
донат -> донат  
торелка -> горелка  
зделать -> сделать  
класный -> красный  
издеватся -> издеваться
```

*Рисунок.* Пример вывода алгоритма нечеткого сравнения строк

### Заключение

Проведен вычислительный эксперимент, подтверждающий жизнеспособность алгоритма выбора варианта при нечетком сравнении строк. Для оценки качества работы алгоритма приведена метрика точности. Планируется применение в корпоративных продуктах с целью прогнозирования развития бизнес-процесса.

### Список литературы

1. Николаев И. С. Прикладная и компьютерная лингвистика / И. С. Николаев, О. В. Митренина, Т. М. Ландо ; Москва: URSS, 2016. – 320 с.
2. Ингерсолл Г. С. Обработка неструктурированных текстов / Г. С. Ингерсолл, Т. С. Мортон, Э. Л. Фэррис ; Москва: ДМК Пресс, 2015. – 414 с.
3. Jaro M. Advances in record linkage methodology as applied to the 1985 census of Tampa Florida // Journal of the American Statistical Association. – 1989. – Vol. 84, No 406. – P. 414-420.
4. Winkler W. String Comparator Metrics and Enhanced Decision Rules in the Fellegi-Sunter Model of Record Linkage // American Statistical Association. – 1990. – P. 354–359.
5. Winkler W. Overview of Record Linkage and Current Research Directions // Research Report Series. – 2006.
6. Воронина И. Е. Компьютерное моделирование лингвистических объектов: моно-графия / И. Е. Воронина ; Воронеж : Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета, 2007. – 177 с.

## Онтологический подход и обработка языковой информации в задаче роботизированной поддержки граждан при обращении в кол-центры и на «горячие линии»

А. С. Гончаров, email: artemgoncharov6003@gmail.com<sup>1</sup>

В. В. Гаршина, email: garshina.veronika@gmail.com<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет»

<sup>2</sup> Воронежский государственный университет

**Аннотация.** *В работе исследуется возможность роботизации обработки обращений граждан в кол-центры и на «горячие линии» организаций различных профилей по вопросам медицинского, социального и бытового обслуживания. Исследование заключается в определении возможности преобразования речевой информации (аудиозаписи телефонного обращения гражданина) в текст с последующим автоматическим извлечением из него ключевых фактов и размещением их в фактологической базе данных, созданной на основе онтологического подхода. Изучается возможность обеспечения жизненного цикла заявок, создаваемых по обращениям граждан, посредством автоматического формирования, отправки и получения коротких текстовых сообщений (смс).*

**Ключевые слова:** *онтология задачи; обращения граждан; заявка; жизненный цикл заявки; заявитель; исполнитель заявки; аудиозапись; преобразование аудиозаписи в текст; распознавание речи; лексический парсер; выделение фактов из текста; графовая база данных; граф знаний; правила вывода; смс; Protégé; GraphDB; Python; Yargy-парсер; Arduino; GPRS-модуль SIM900.*

### Введение

В современных условиях интеллектуальная обработка входящих телефонных звонков и последующее за ней снижение нагрузки на диспетчеров кол-центров является важной и социально значимой задачей. Особенно острый характер эта проблема приобрела в условиях вынужденной самоизоляции, вызванных коронавирусом COVID-19: многочисленные случаи недозвонов на «горячие линии» массово отмечались в социальных сетях и ряде местных и региональных изданий.

Целью работы является разработка программного (программно-аппаратного) решения для упрощения и ускорения обработки обращений граждан в службы поддержки и оказания помощи.

Для достижения поставленной цели определены следующие задачи:

- Исследовать возможность преобразования аудиозаписи в текст, для этого рассмотреть программные библиотеки, которые могут быть задействованы для распознавания речи;
- Изучить методы выделения ключевой информации из текстов на русском языке, для этого исследовать доступность и функциональные возможности популярных лексических анализаторов (парсеров);
- Создать онтологическую модель задачи (в объёме, достаточном для выполнения проекта), используя онтологический подход к моделированию и представлению данных в виде графов;
- Изучить возможность наполнения онтологии выделенными фактами, сохранения их в графовой базе данных, возможность вывода на их основе новых знаний посредством аксиом логического вывода;
- Изучить технологии автоматического формирования, отправки и получения смс, выбрать необходимые программные и аппаратные инструменты;
- Определить целевую архитектуру системы и реализовать программно-аппаратное решение.

Первые результаты, полученные в ходе решения сформулированных выше задач, опубликованы в работе [1].

#### **4. Анализ существующих решений**

Анализ существующих решений показал: несмотря на то, что с середины прошлого века до настоящего времени технологии распознавания речи прошли большой путь развития [2], основанные на них программные решения предназначены для взаимодействия типа «вопрос-ответ», и притом только в самом общем, широко используемом контексте. Применительно к конкретной предметной области без специальной подготовки и настройки они не будут полезны, т. е., эти решения не являются самодостаточными. По той же причине не являются самодостаточными и лексические анализаторы: до того, как использовать их для извлечения из текстовой информации фактов требуемого качества, их необходимо изучить и настроить.

Например, ни один существующий лексический парсер, находящийся в открытом доступе, не сможет без специальной программной настройки выделить из простого предложения «*Прошу*

*вызвать доктора по адресу улица Ржевская, дом 9, квартира 101»* название специальности и адрес. Для того чтобы это произошло, нужно создать и наполнить словарь специальностей, настроить контекстно-сводные грамматики – правила, по которым из предложения будут выделены факты, реализовать связующий программный код.

Решения с использованием голосовых ботов и чатботов в последнее время активно развиваются [3]. Оба типа решений предполагают активный обмен информацией с клиентом. Вопросы бота могут быть неоднозначны или сложны для восприятия человеком, а ответы человека, соответственно, могут быть сложны и запутанны для восприятия их ботом. Кроме того, такие системы не способны к мультитзадачности: множество вопросов пользователя сбивает их с толку, а если клиент резко меняет тему или точку зрения, то бот становится вовсе беспомощным. Несовершенство подобных решений ограничивает их повсеместное использование.

Однако известны и эффективные решения с использованием голосовых ассистентов. Разработчики робота, принимающего заявки на проверку счётчиков расхода воды и передающего данные в контролирующий орган, отмечают [4], что все сценарии диалогов сведены к тому, чтобы человек отвечал только «да» или «нет», либо называл конкретное число, но даже при таких ограничениях клиента возможны неоднозначности.

Принципиальное отличие созданного программного робота, являющегося объектом настоящего исследования, от указанных видов телефонных «ботов» заключается в том, что как таковой диалог между клиентом и роботом не предусматривается: гражданин просто оставляет голосовое обращение со своей просьбой в свободном формате. Специальное коммуникационное оборудование сохраняет аудиозапись обращения, которой далее занимается программный робот. Особенность решения в том, что человек не скован жёсткими рамками возможных вариантов ответов: главное, чтобы в его речи были слова о том, какая помощь ему требуется и по какому адресу её нужно оказать.

## **5. Описание предлагаемого решения**

Проектирование и реализация системы выполняется на основе **онтологического подхода** [5]. С одной стороны, это позволяет формализовать и представить понятия, составляющие словарь задачи, в формате, понимаемом программными системами и принятом для обмена знаниями между ними (т. е., согласно определению Томаса Грубера [6], «специфицировать концептуализацию»), а с другой – в соответствии с парадигмой «открытого мира» [5] – оставить возможность дальнейшего расширения и уточнения онтологии, поскольку на момент



который затем принимается в обработку программным роботом. Сначала выполняется распознавание речи, т. е. представление обращения в текстовом виде. Далее выполняется анализ предложений текста и извлечение из них ключевых фактов, наполнение онтологии задачи и порождение новых значимых сущностей – в частности, заявок, поддержка жизненного цикла которых представляет достаточно интересную и относительно самостоятельную подзадачу.

На рис. 2 представлена в общем виде функциональная схема предлагаемого решения.



Рис. 2. Функциональная схема решения

Для распознавания аудиозаписей была выбрана открытая библиотека **speech\_recognition**. Библиотека может обрабатывать аудиозаписи только в формате wav, поэтому для приведения к нему аудиофайлов других форматов (например, mp3) используется программа-конвертер с открытым кодом FFmpeg.

Библиотека **speech\_recognition** содержит несколько разных методов распознавания. Наилучшим образом проявил себя метод **recognize\_google**, использующий Google Speech API (рис. 3).

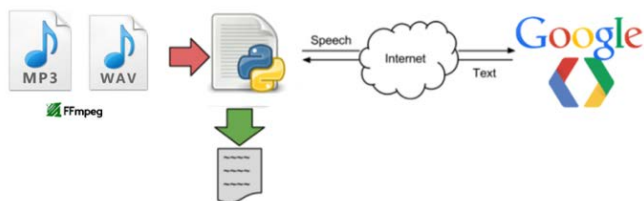


Рис. 3. Схема обращения к Google Speech API

Следует отметить, что в качестве других облачных сервисов для распознавания речи могут использоваться, например, решения Yandex Speechkit (<https://cloud.yandex.ru/services/speechkit>) и SaluteSpeech (<https://sbercloud.ru/ru/aicloud/salutespeech>, разработчик SberDevices) – они дают высокое качество распознавания, но являются платными. В качестве офлайн решения может использоваться библиотека Vosk (<https://alphacephei.com/vosk>) с открытым исходным кодом.

Результатом обработки языковой информации, представленной в аудиозаписях обращений граждан, являются предложения в текстовом виде.

Для анализа текстовых предложений на русском языке могут использоваться разнообразные лексические парсеры (программные библиотеки, выделяющие данные с определёнными свойствами из текстовых массивов). Анализ наиболее популярных: **Томига-парсер** (разработка Yandex), **DeepPavlov** (разработка МФТИ) и **Yargy-парсер** [7, 8] – показал преимущество использования последнего: он реализован на Python и использует библиотеку **natasha**, в которой уже настроены правила для извлечения имён, адресов, дат, сумм денег, правила для извлечения названий организаций и географических объектов. В представляемом решении Yargy-парсер и библиотека natasha используются для извлечения названия профессии (специальности) и адресной информации, которые могут содержаться в тексте, полученном на основе аудиозаписи обращения гражданина (рис. 4). Вдохновение для реализации проекта в этой части придала работа Кукушкина А. [9] , в ней на примерах показывается, как из текстовых данных выделить ключевые факты.

```

1 from lpyarnk import show_span_box_markup as show_markup
2 from yargy.pipelines import morph_pipeline
3 from yargy import (Parser, or, rule)
4 from yargy import interpretation as interp
5 from yargy.interpretation import fact, attribute
6 from natasha import AddressExtractor as AddressExtractor, MorphVocab
7
8 jobs = get_professions() # get (list of professions (vocabulary)
9 job = fact('name', ['name'],)
10
11 JOB = morph_pipeline(jobs).interpretation(
12     job.name.normalized())
13
14
15 parser = Parser(JOB) # for jobs
16 morph_vocab = MorphVocab() # for address info
17 extractor = AddressExtractor(morph_vocab)
18
19 for i in lines:
20     line = i[3] # text from speech
21
22     matches = parser.findall(line)
23     matches = sorted(matches, key=lambda _: _span)
24     spans = [_span for _ in matches]
25     show_markup(line, spans)
26
27     if matches:
28         facts = [_fact for _ in matches]
29         if len(facts) == 1:
30             facts = facts[0]
31         print(facts, '


```

Рис. 4. Примеры извлечения фактов: адреса и специальности



Библиотека *natasha* – одна из набора Python-библиотек (<https://natasha.github.io>), созданных в рамках проекта *Natasha* и служащих для обработки текстов на естественном русском языке.

Преимущества использования библиотеки *natasha* также отмечаются в работе [10], посвящённой извлечению фактографической информации о процессе протекания пандемии COVID-19 из открытых новостных статей интернета. Авторы упомянутой работы на ряде примеров показывают, как в результате NER-анализа с помощью библиотеки *Natasha* успешно получают все топонимы: названия организаций, городов и регионов.

В нашей задаче, в которой требуется распознавание более детализированных локаций, сложность представляют комплексные названия улиц, например: улица 45-ой Стрелковой Дивизии, улица 26 Бакинских Комиссаров, 4-я улица 8 Марта, 5-й проезд Марьиной роши, проезд Верхний Михайловский Поперечный и т. п.

Одновременно с разбором текстов формируется список предложений на языке SPARQL, передаваемых далее веб-сервису REST API сервера базы данных GraphDB, который выполняет их, создавая новые факты в указанном репозитории графовой базы данных. После выполнения результат можно видеть в GraphDB примерно в таком виде (рис. 5).

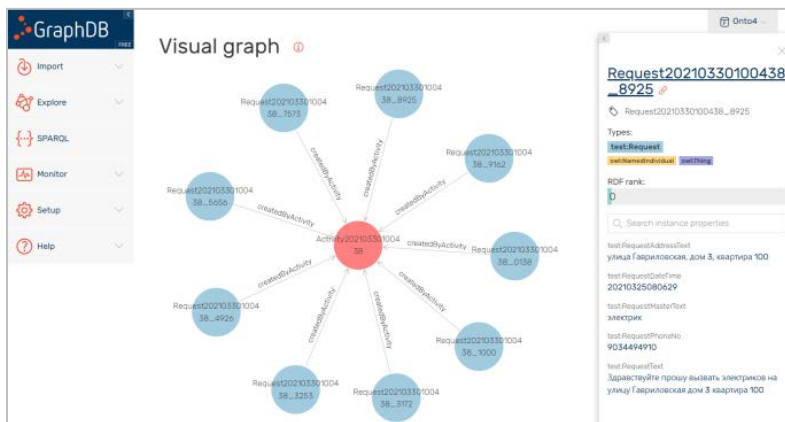


Рис. 5. Пример представления фактов в графовой базе данных

Выполнение сгенерированных SPARQL-команд приводит к наполнению онтологии, хранимой в репозитории GraphDB, новыми фактами. Новым заявкам присваивается первоначальный статус:

«01\_Сформирована». Программный робот выявляет заявки с таким статусом и переводит их в статус «02\_В\_обработке», определяет требования заявки и свободных специалистов соответствующих специальностей, далее формирует и направляет им смс о новых заявках с кодами подтверждений. Специалиста, первым отправившего код подтверждения, робот назначает исполнителем заявки и сообщает ему об этом посредством смс, заявка переходит в статус «03\_Назначен\_мастер», а заявителю приходит смс о том, что его обращение принято в работу и следует ожидать звонка специалиста для уточнения деталей.

Также программный робот контролирует сроки исполнения заявок, на которые назначены специалисты: если с момента начала работы прошло некоторое время (например, сутки), то робот отправляет смс исполнителю, запрашивая код подтверждения, соответствующий завершению или отмене заявки. По получении этого кода робот переводит заявку в один из финальных статусов: «04\_Выполнена» или «05\_Отклонена».

Программная логика системы реализуется средствами Python и Arduino, а также задействует набор команд GPRS-модуля.

**Модуль на Python** реализует следующие функции робота:

- обнаружение новых аудиозаписей, их преобразование вплоть до создания новых фактов в графовой базе;
- обработка заявок в статусе 01\_Сформирована;
- обработка заявок в статусе 03\_Назначен\_мастер;
- обработка входящих смс;
- формирование и отправка исходящих смс.

**Модуль на Arduino** посредством платы Arduino UNO осуществляет трансляцию AT-команд GPRS-модулю.

**GPRS-модуль (SIM900)** с активированной SIM-картой выполняет отправку и получение смс, взаимодействуя с платой Arduino UNO посредством AT-команд. Подробное описание AT-команд для SIM900 приведено на сайте компании-производителя SIMCom ([www.simcom.ee](http://www.simcom.ee)).

В качестве альтернативы вместо использования программно-аппаратной связки Arduino и GPRS-модуля может быть рассмотрен вариант с использованием мобильного устройства (смартфона) и мобильного приложения, реализующего функции отправки и получения смс и взаимодействующего с сервером. Например, мобильное приложение **Airmore** (<https://airmore.com/>) позволяет получать и отправлять сообщения, файлы, управлять контактами, дублировать изображение с устройства на компьютер. Взаимодействие между Airmore и серверной стороной при этом может обеспечиваться

библиотекой **pyairmore**, реализованной на Python. Обмен данными между мобильным устройством с ОС Android и сервером с программным роботом осуществляется по беспроводной сети.

В этом варианте упрощается реализация функций отправки и получения заявок, поскольку они возлагаются на мобильное приложение, снимаются ограничения на длину смс, работа с хранилищем смс также становится проще. С другой стороны, возникает необходимость установки мобильного приложения и настройки синхронизации между мобильным устройством и сервером.

### **Заключение**

В ходе исследования были рассмотрены и изучены варианты роботизации процесса обработки обращений граждан в кол-центры и на «горячие линии» по вопросам оказания услуг и помощи. Ускорение обработки обращений граждан и снижение нагрузки на диспетчеров могут достигаться путём обработки языковой информации.

Среди потенциальных пользователей системы: медицинские организации и учреждения; службы психологической помощи; центры социальной защиты населения; ветеринарные организации; волонтерские организации; управления жилищно-коммунального хозяйства; ремонтные подразделения; службы дорожной помощи; страховые организации; службы юридической помощи; службы доставки продуктов, лекарств и т. д.; «горячие» линии и кол-центры других профилей.

Поэтому в общем случае задача более ёмкая. В частности, из речевой информации нужно выбирать не только профиль специалиста, но и виды работ или помощи, в которых нуждается заявитель, при этом обращение может не сводиться к какому-то одному, а предполагать несколько разнопрофильных специалистов. Расширение модели задачи и продуцируемой ею фактологической базы может обеспечиваться без изменения реализованных решений благодаря онтологическому подходу, заложенному в основу системы.

### **Список литературы**

1. Гончаров А. С. Роботизация обработки обращений граждан по вопросам социального и бытового обслуживания / А. С. Гончаров, М. А. Гончарова // Наука без границ. – 2021. – № 6(58). – С. 40-52 – Электронный журнал – Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46277024>

2. Speech Recognition Through the Decades: How We Ended Up With Siri [Электронный ресурс]: PCWorld: сайт [Melanie Pinola, дата публикации 02.11.2011]. – Режим доступа:

[https://www.pcworld.com/article/243060/speech\\_recognition\\_through\\_the\\_decades\\_how\\_we\\_ended\\_up\\_with\\_siri.html](https://www.pcworld.com/article/243060/speech_recognition_through_the_decades_how_we_ended_up_with_siri.html)

3. Как голосовые боты меняют клиентский сервис [Электронный ресурс]: Cossa: сайт [Валерия Минкевич, Voximplant, дата публикации 01.10.2021]. – Режим доступа: <https://www.cossa.ru/trends/294366>

4. Кейс «Метрологии». Как заменить диспетчеров на бота и обрабатывать в 5 раз больше заявок. [Электронный ресурс]: aimylogic.com: сайт. – Режим доступа: <https://aimylogic.com/ru/cases/smart-ivr-metrologiya?ga=2.146378416.540714361.1630680941-1987544937.1630680941>

5. Горшков С. Введение в онтологическое моделирование. – Тринидата, 2016. – 166 с. [Электронный ресурс]: trinidad.ru: сайт. – Режим доступа: <https://trinidad.ru/files/SemanticIntro.pdf>

6. Gruber T. R. Ontolingua: A mechanism to support portable ontologies. / Technical Report KSL 91-66. – Stanford University, Knowledge Systems Laboratory. 1992. – 61 p. [Электронный ресурс]: Электронная библиотека и поисковая машина по научным публикациям и препринтам CiteSeerX. – Режим доступа: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.34.9819&rep=rep1&type=pdf>

7. Yargy-парсер и библиотека Natasha. Извлечения структурированной информации из текстов на русском языке [Электронный ресурс]: Хабр: сайт [блог Кукушкина А., дата публикации 14.03.2018]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/349864>

8. Проект Natasha. Набор качественных открытых инструментов для обработки естественного русского языка (NLP) [Электронный ресурс]: Хабр: сайт [блог Кукушкина А., дата публикации 24.08.2020]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/516098>

9. Yargy парсер. Извлечение структурированной информации из текстов на русском языке [Электронный ресурс]: Youtube: видеохостинг [канал Кукушкина А., дата публикации 31.10.2018]. – Режим доступа: <https://youtu.be/NQxz0qYgK8>

10. Извлечение фактографической информации о пандемии из открытых источников сети Интернет / Е. Ю. Акулинина [и др.] // Математическая биология и биоинформатика. Информационные и вычислительные технологии в биологии и медицине. – 2022. – Т. 17. – № 2. – С. 423–440. – doi: 10.17537/2022.17.423 – Электронный журнал – Режим доступа: [https://www.matbio.org/article\\_ref.php?id=514](https://www.matbio.org/article_ref.php?id=514)

# Перспективные направления разработки электронных информационных ресурсов для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья по слуху

М. Г. Гриф, email: grifmg@mail.ru<sup>1</sup>  
О.О. Королькова, email: ookorol@mail.ru<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Новосибирский государственный технический университет

<sup>2</sup> Новосибирский государственный педагогический университет

**Аннотация.** *Рассмотрена текущая ситуация в России и в мире в области разработки систем компьютерного перевода жестовых языков глухих. Обосновывается задача сопровождения учебных видеоматериалов русским жестовым языком. Приведено описание толкового словаря института социальных технологий новосибирского государственного технического университета.*

**Ключевые слова:** *лица с ограниченными возможностями здоровья по слуху, русский жестовый язык, электронный словарь, информационные ресурсы, машинный перевод, учебные видеоматериалы.*

## Введение

Одной из актуальных задач, стоящих перед современным обществом, является обеспечение полноценного образования и социализации всех категорий обучающихся, в том числе лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) по слуху. Ее решение возможно при использовании электронных информационных ресурсов, под которыми понимают «массивы документов, понятия, теории, методики, совокупность интеллектуальных ресурсов, участвующих в информационном обмене, в том числе с помощью компьютерных средств. Информационные ресурсы по иностранным языкам включают образовательные порталы, электронные библиотеки, электронные словари, электронные учебники, компьютерные тренажеры и др.» [1].

Разработка различных информационных ресурсов [2-5] позволит одновременно решить такие проблемы, как:

- нехватка специалистов-сурдопереводчиков;
- невладение сотрудниками государственных структур, сфер образования, здравоохранения, бытового и социального обслуживания русским жестовым языком (РЖЯ);

– необходимость оперативного решения проблем социальной жизни лиц с ОВЗ по слуху.

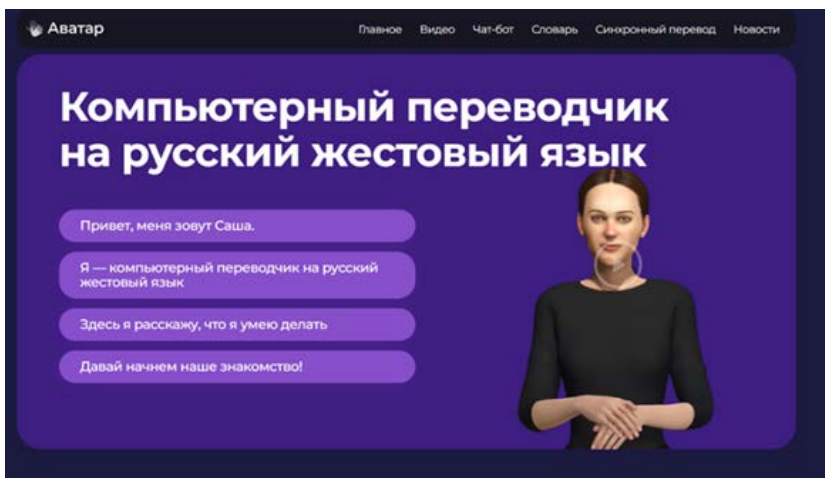
Таким образом, приоритетными направлениями в области создания электронных информационных ресурсов для лиц с ОВЗ по слуху являются:

- разработка ресурсов, содержащих типичные ситуации и вопросы, возникающие в социальной жизни, и ответы на них;
- разработка электронных учебных словарей.

#### **4. Информационные ресурсы для лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху на основе 3D-моделей**

Новосибирский государственный технический университет совместно с ООО «Адаптис» ведет разработку компьютерного переводчика на РЖЯ. Материалы для лиц с ОВЗ по слуху в этом переводчике представлены в следующих разделах [6]:

– «Главное» – знакомство с 3D-персонажем-сурдопереводчиком (рис. 1):



*Рис. 1. Главное*

– «Видео». Данный раздел содержит инструкции, обучающие и развлекательные материалы, например, инструкции по решению типичных социальных проблем (рис. 2):

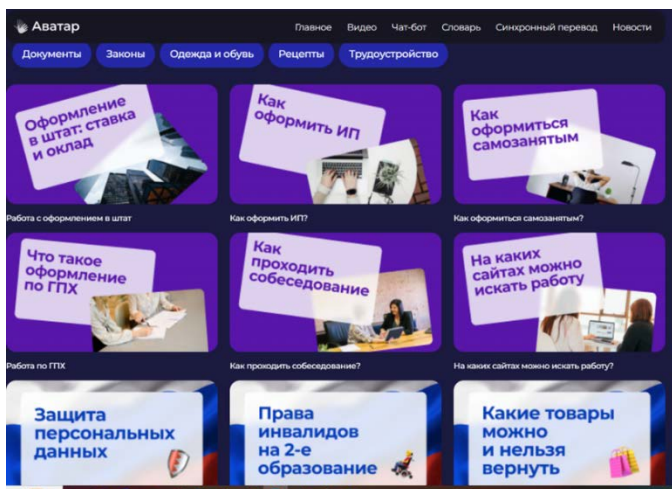


Рис. 2. Видео

– «Чат-бот», который содержит ответы на РЖЯ на часто задаваемые вопросы, обеспечит связь со службой спасения (рис. 3):

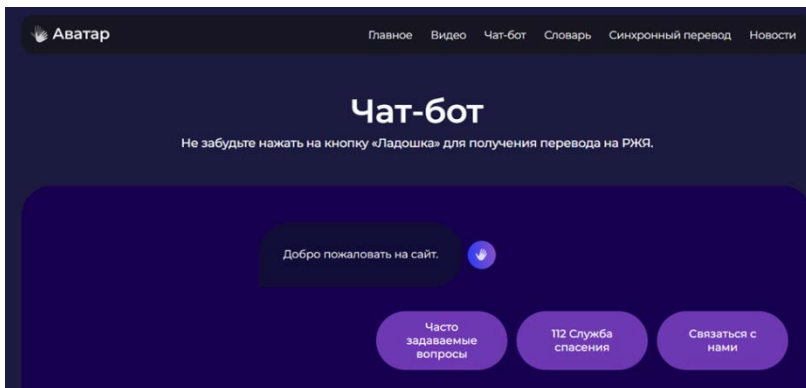


Рис. 3. Чат-бот

– «Словарь русского жестового языка», включающий алфавитный и тематический словари. Тематический словарь содержит 30 тем (рис. 4):

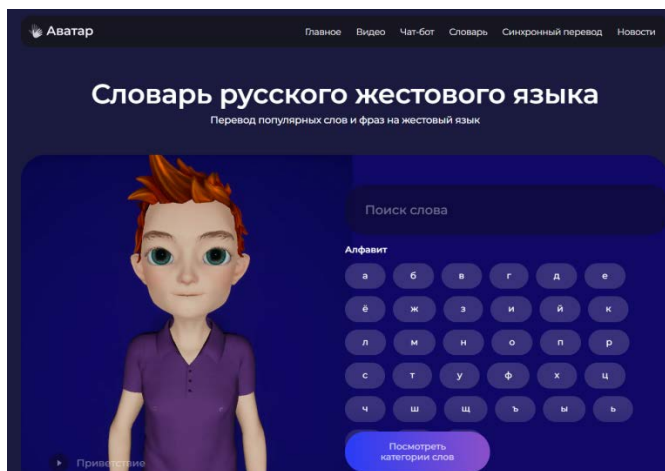


Рис. 4. Словарь РЖЯ

– «Синхронный перевод», который позволяет перевести на калькирующую жестовую речь звучащий текст (рис. 5):

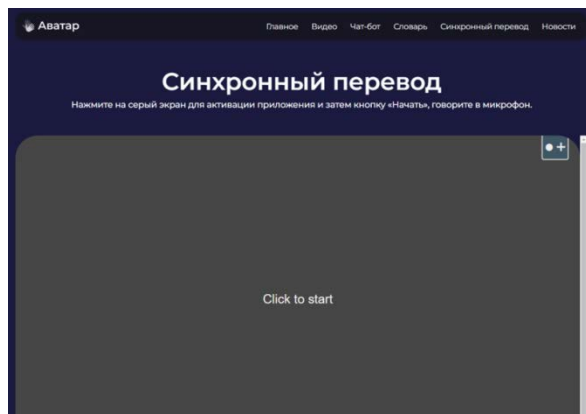


Рис. 5. Синхронный перевод

– «Новости», в котором анонсирован совместный с НГТУ проект по использованию 3D-персонажа в образовании лиц с ОВЗ по слуху (рис. 6).



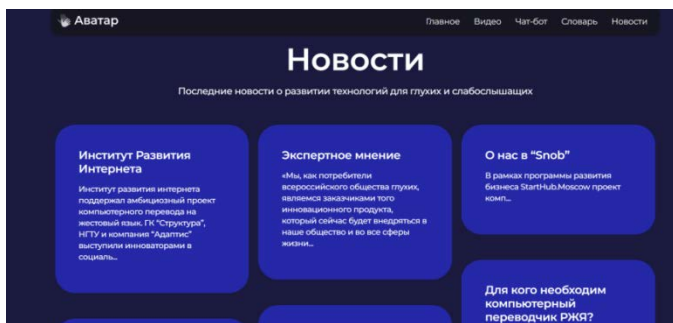


Рис. 6. Новости

## 5. Толковый словарь РЖЯ Новосибирского государственного технического университета

В рамках гранта НГТУ Приоритет 2030 реализуется проект «Разработка ассистивных технологий поддержки обучения глухих на основе удаленного и компьютерного перевода на русский жестовый язык». Один из продуктов данного проекта – электронный словарь нового типа [7].

Этот ресурс является учебным словарем, т.к. содержит 741 термин учебных дисциплин.

Разрабатываемый словарь относится к тематическим, потому что словарные статьи сгруппированы по тематическому принципу. Названия тематических групп соответствуют названию изучаемых студентами дисциплин: «Педагогика», «Психология», «Русский язык и культура речи», «Теория вероятностей», «Адаптивная физкультура», «Химия».

Словарь является толковым, т.к. в каждой словарной статье представлено толкование учебных терминов. Определения терминов даны на русском языке (в виде печатного текста) и на калькирующей жестовой речи, что позволяет причислить его к двуязычным словарям. Кроме того, данный словарь относится к диалектным, т.к. в нем используются жесты сибирского диалекта РЖЯ.

Несомненным достоинством нового ресурса является то, что он содержит видеофайлы с исполнением как самих жестов, так и их толкования с помощью средств РЖЯ и калькирующей жестовой речи. Однако в ресурсе не учтена вариативность исполнения жестов, используемых носителями как одного, так и разных диалектов и региолектов русского жестового языка.

Анализ словарей РЖЯ [7] и ресурса ООО «Адаптис» позволил выявить направления совершенствования разрабатываемого электронного словаря РЖЯ и развивать концепцию этого учебного

ресурса с учетом запросов пользователей словаря к его содержанию и предпочтений к внешнему виду персонажа-сурдопереводчика, т.е. использовать 3D-персонаж. С помощью данного персонажа становится возможным: изменение ракурса исполнения жеста (поворот персонажа, вид сверху или снизу); изменение скорости показа жеста, как в «Словаре православной лексики» [3]; показ вариантов исполнения жеста, в том числе используемых в разных диалектах и региолектах РЖЯ; изменение масштаба показа мануального компонента жеста, например, моторики кисти руки персонажа; выбор внешнего вида и пола 3D-персонажа.

### **Заключение**

Таким образом, перспективными направлениями разработки электронных информационных ресурсов для лиц с ОВЗ по слуху являются создание электронных учебных толковых тематических словарей и разработка социально ориентированных ресурсов с использованием 3D-персонажа и включением в эти ресурсы вариантов исполнения жестов.

### **Список литературы**

1. Азимов, Э. Г. Новый словарь методических терминов и понятий (теория и практика обучения языкам) / Э. Г. Азимов, А. Н. Щукин. – М.: ИКАР. – 2009. – 448 с.
2. Куликова, Л. В. Жестовые языки в лингвистике и в жизни / Л. В. Куликова // Сибирский форум. Интеллектуальный диалог. – № 7 (84). – 2020 г. – С. 6–7.
3. Словарь православной лексики русского жестового языка [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.voginfo.ru/lexicon/enter.html>.
4. Словарь терминов современного искусства на русском жестовом языке языка [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://garagemca.org/ru/programs/publishing/dictionary-of-contemporary-art-terms-in-russian-sign-language>.
5. Тематический словарь русского жестового языка [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.nisor.ru/snews/oa/catalog.html>.
6. Аватар [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://adaptis.pro/>.
7. Гриф, М. Г. Разработка учебного двуязычного словаря для лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху /М. Г. Гриф, О. О. Королькова. – DOI 10.17516/1997-1370-0947. // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Гуманитарные науки. – 2022. – № 15 (11). – С. 1723–1731.

## **Возможность сравнения идиомов на малом объеме данных при помощи приложения GabMap**

О. В. Дони́на, email: olga-donina@mail.ru  
Т. О. Сига́ева, email: tanyasigaeva12@gmail.com

Воронежский Государственный Университет

**Аннотация.** *В настоящее время лингвистика стремительно развивается, особенно в области изучения вариантов языка, т.е. идиомов. В статье проводится сравнительный анализ методик, применяемых для определения близости языков и диалектов. Проведенное сопоставление позволило выявить, что при помощи веб-приложения GabMap можно эффективно сравнивать идиомы даже на маленьком массиве данных. Это позволит исследовать малые языки, используя методику компьютерной лингвистики.*

**Ключевые слова:** *идиом, язык, диалект, диалектология, диалектометрия, разграничение языка и диалекта, дистанция Левенштейна.*

### **Введение**

Вопрос, является ли некоторая языковая разновидность языком или диалектом, относится к одной из наиболее сложных проблем лингвистики, причем последствия разграничения могут выходить и далеко за её пределы. Если строгого выбора в обозначении конкретной разновидности языка лучше избежать, лингвисты обычно используют термин идиом [Лингвистический энциклопедический словарь 2002].

С развитием компьютерной лингвистики появляются новые методы, которые показывают большую чувствительность к определению разграничения языков и диалектов и могут значительно упростить работу лингвистов. Одной из проблем в разграничении идиомов является то, что многие варианты мало изучены. Поэтому цель нашей работы — выяснить, возможна ли и насколько эффективна работа нового инструмента, применяемого лингвистами для разграничения языка и диалекта (веб-инструмент GabMap), на основе малого количества данных. Для оценки эффективности работы этого инструмента произведено его сравнение с давно существующим и доказавшим свою результативность методом – с дистанцией Левенштейна.

Под дистанцией Левенштейна понимается минимальное количество операций удаления, вставки и замены символов, необходимое для преобразования одной строки в другую. Метод назван в честь советского математика В.И. Левенштейна, который рассмотрел показатель расстояния в 1965 году [Левенштейн 1965].

Веб-приложение GabMap было создано П. Клейвегом под руководством Дж. Нербонна. Gabmap разрабатывался с конца 2010 года и впервые опубликован на Github 4 июня 2011 года. Gabmap предлагает широкий спектр возможностей обработки языковых данных [Nerbonne 2011]. О некоторых из них будет рассказано ниже.

#### 4. Сбор данных

В качестве исследуемых нами языков были выбраны романские языки – французский, испанский, итальянский, португальский, румынский. Выбор пал именно на эти языки, так как наша цель – проверить эффективность работы веб-приложения, а не разграничить идиомы, что будет проще сделать на основе ранее изученных идиомов, чтобы сравнить полученные нами результаты с уже существующими данными.

В качестве анализируемого текста был использован набор слов, по аналогии со списком Сводеша. Наш список состоит из 23 слов: названий семи дней недели, двенадцати месяцев и четырех времен года. Мы использовали именно эти слова, так как они есть в каждом из анализируемых языков и являются одними из основных и базовых слов романских языков, что делает их сравнение и анализ возможным. Если брать за основу 100 словный список Сводеша и, например, слово «мужчина», то во французском языке его можно выразить двумя значениями – «la mâle» и «l'homme». Выбранные нами слова не имеют синонимов, что позволяет получить более точные результаты исследования.

Транскрипция списка слов производилась в соответствии с Международным Фонетическим алфавитом, который разработан и поддерживается Международной фонетической ассоциацией. Были использованы: Толковый словарь Румынского языка (Dicționarul explicativ al limbii române) [DexOnline] и онлайн-словарь Wiktionary [Wiktionary] (для транскрипции португальского, французского, испанского и итальянского языков).

Изучив данные словари, мы приступили к транскрипции слов, согласно правилам произношения соответствующего языка. Таким образом, мы получили данные, которые показаны в таблицах ниже (таблицы 1-4). Первая колонка представляет собой название языка (Ф. –

французский, Ис. – испанский, П. – португальский, Ит. – итальянский, Р. – румынский), остальные – непосредственно транскрипцию слов.

Таблица 2

*Транскрипция дней недели*

	Пн.	Вт.	Ср.	Чт.	Пт.	Сб.	Вскр.
Ф.	lœ̃di	maʁdi	mɛ̃ʁkʁœ̃di	ʒœ̃di	vœ̃dʁœ̃di	samdi	dimɑ̃ʃ
Ис.	'lunes	'martes	'mjerkoles	'xweʃes	'bjernes	sabado	do'miŋgo
П.	'fejra	terca	'kwarta	'kĩnta	'sestu	sabado	du'mĩngu
Ит.	lune'di	martedi	merkole'di	dʒove'di	vener'di	'sabato	do'menika
Р.	luni	marți	miercuri	joi	vineri	sâmbăta	duminică

Таблица 3

*Транскрипция месяцев 1*

	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь
Ф.	ʒɑ̃vje	fevʁije	maʁs	avʁil	me	ʒũʃ
Ис.	e'neɾo	feβ'ɾeɾo	'maɾθo	aβ'ril	'maɟo	'xuɲo
П.	ʒe'nejɾu	feve'rejɾu	'maɾku	a'brɪw	'maɟu	'ʒiɲu
Ит.	dʒen'naɟo	feb'braɟo	'maɾso	ap'riɫe	'maddʒo	'dʒuɲno
Р.	ianuarie	februarie	martie	aprilie	mai	iunie

Таблица 4

*Транскрипция месяцев 2*

	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
Ф.	ʒɥije	au	septɑ̃bʁ	ɑ̃ktɑ̃bʁ	novɑ̃bʁ	desɑ̃bʁ
Ис.	'xuljo	a'ɟosto	seβ'tjembre	ok'tuβre	no'βjembre	di'θjembre
П.	'zuɫu	a'gostu	se'tejbru	ow'tubɾu	no'vėjbru	de'zėjbru
Ит.	'luʎlo	a'gosto	set'tembre	ot'tobre	no'vembre	di'fjembre
Р.	iulie	august	septembrie	octombrie	noiembrie	decembrie

Таблица 5

*Транскрипция времен года*

	Весна	Лето	Осень	Зима
Ф.	ʁvễtɑ̃	ete	otɔ̃n	ivɛ̃ʁ
Ис.	ɾima'βeɾa	be'ɾano	o'toɾno	im'bjerno
П.	ɾima'veɾa	ve'rẽw	ow'tonu	ĩn'veɾnu
Ит.	ɾima'veɾa	es'tate	aw'tunno	in'veɾno
Р.	ɾimãvarã	vara	toamna	iarna

**5. Дистанция Левенштейна**

На следующем этапе мы приступили к расчёту дистанции Левенштейна. Расчет происходил, исходя из того, что каждая операция

имеет вес равный 1. Операции представляли собой удаление и замену символов. Диакритические знаки при подсчёте не учитывались. Работа производилась вручную, без использования каких-либо автоматизированных сервисов подсчета. Мы делили слово одного языка на парное слово другого языка, как показано на примере (рис. 1) французского “me” и румынского “mai” для которых дистанция равна 2.

$$\begin{array}{r} m e \\ m a i \\ \hline 0 \ 1 \ 1 = 2/3 \end{array}$$

Рис. 1. Пример расчета дистанции Левенштейна

Для каждой пары языков была рассчитана дистанция Левенштейна. В результате мы получили следующие показатели (таблица 5). Цифры показывают количество замен, которые нужно произвести, чтобы получить две одинаковых строки.

Таблица 6

*Дистанция Левенштейна для наших данных*

	Франция	Испания	Португалия	Италия	Румыния
Франция	0	129	124	110	130
Испания	129	0	87	76	106
Португалия	124	87	0	90	111
Италия	110	76	90	0	85
Румыния	130	106	111	85	0

Таким образом, мы можем сказать, что самые похожие языки – это испанский и итальянский. Самые далекие – французский и румынский. Самым отдаленным от всех языков является французский.

## 6. GabMap

Далее мы приступили к работе с веб-инструментом для изучения идиомов GabMap. Для работы нам нужно было создать два файла с данными. Первый файл – карта, создать которую можно с помощью Google Earth. Нужно нарисовать границы исследуемой области и добавить метки для местоположения, где были собраны данные. Важно, что названия мест должны быть написаны точно так же, как в файле с лингвистическими данными. После создания карты в Google Earth необходимо сохранить ее в виде файла .xml или .kz, который можно загрузить непосредственно в Gabmap. С его помощью мы выделили языковые области и отметили язык, который распространен на каждой их них. Таким образом мы получили следующую карту (рис. 2):

- Зеленый – Франция, французский язык;

- Синий – Испания, испанский язык;
- Оранжевый – Португалия, португальский язык;
- Голубой – Румыния, румынский язык;
- Фиолетовый – Италия, итальянский язык.



Рис. 2. Карта расположения языков

Второй файл – данные о диалекте. Изначально таблица создается в Excel и затем переформатируется в формат txt. Пример такой таблицы показан в таблице (таблица 6) для двух слов из наших данных. Каждая строка в полученном файле – это строка в таблице. Ячейки таблицы разделяются символом табуляции. Содержимое ячейки не заключено в кавычки.

Таблица 7

*Пример файла для GabMap*

	Monday	Tuesday
France	lœ̃di	maʁdi
Spain	'lunes	'martes
Portugal	'fejra	terca
Italy	lune'di	martedi
Romania	luni	marți

После загрузки созданных файлов мы получаем показатели, которые могут быть применены для дальнейшего анализа идиомов и которые будут описаны далее.

Первый показатель – общие сведения, о загруженных нами файлах. Мы получаем:

- Местоположения: 5
- Элементы (слова): 23
- Экземпляры (общее количество анализируемых слов): 115
- Символы (общее количество символов): 798
- Уникальные символы: 54

Также мы получаем сведения о каждом символе: о его количестве в загруженных данных и его распространении. Под количеством понимается то, сколько раз тот или иной символ встречается в наших файлах. Например, символ «с» в наших данных присутствует в португальском и румынском языках и встречается 5 раз. Карта для символа «с» показана на рисунке (рис. 3).



Рис. 3. Карта распространения символа «с»

Мы можем посмотреть распространение каждого элемента данных на карте, т.е. каждой транскрипции слова. Так, для элемента "lœdi" мы получаем следующую карту (рис. 4). Исходя из этой карты, мы понимаем, что данный элемент встречается только во французском языке.



Рис. 4. Карта распространения элемента "lœdi"

Нам также доступны сведения о расстояниях между каждым элементом данных. Так, например, расстояние для элемента «saturday» для Франции и Испании равно 5. То есть, чтобы из «samedi» получить «sabado» нужно произвести 5 операций по замене или удалению.

Локальная некогерентность [Nerbonne 2007] – это числовая оценка локального напряжения, присвоенная набору различий между элементами, связанных с географическими расстояниями между этими элементами. Чем меньше значение, тем меньше несогласованность и тем лучше результаты измерений. У нас этот показатель равен 0,11. Соответственно, можно сделать вывод, что измерения будут достаточно точны.



Коэффициент Альфа Кронбаха [Heeringa 2004] – коэффициент надежности измерений разницы. Альфа Кронбаха можно описать как отношение количества слов к средней корреляции между ними. Обычно значение варьируется между 0 и 1. Если значение Альфа Кронбаха очень низкое, рекомендуется добавить в анализ больше элементов, чтобы получить более надежные результаты. Для наших данных этот показатель равен 0,93. Значение близкое к 1 говорит нам о том, что географически варианты очень близки, что является истиной в нашем случае.

Расчет различий в числовом формате происходит с использованием алгоритма дистанции Левенштейна (таблица 7). Согласно полученным результатам, самые близкие языки – это итальянский и испанский. Самыми далекими языками являются испанский и французский.

Таблица 8

*Различия в числовом формате*

	France	Spain	Portugal	Italy	Romania
France	0	0.74921	0.691797	0.656611	0.686473
Spain	0.74921	0	0.478451	0.445	0.621758
Portugal	0.691797	0.478451	0	0.55127	0.70189
Italy	0.656611	0.445	0.55127	0	0.496161
Romania	0.686473	0.621758	0.70189	0.496161	0

Сотовые карты создаются путем рисования линий, соответствующих суммарному расстоянию между парами объектов. Линии карты обозначают степень различия идиомов. Родственные диалекты разделены светлыми линиями, а более отдаленные диалекты разделены темными линиями на карте [Goebel 1993] (рис. 5). Мы можем заметить, что, согласно этой карте, самые далекие языки – испанский и французский, а самые близкие – испанский, португальский и итальянский.



Рис. 5. Сотовая карта

## 7. Сравнение двух методов

Следующим этапом нашей работы является анализ полученных результатов в ходе исследования двух методов изучения идиомов и сопоставление их.

Мы сопоставили таблицу 5 и 7 между собой и выявили, что в общем показатели похожи, но есть и различия. Они могут быть связаны с тем, что, проводя расчет вручную мы не учитывали диакритические знаки, а в инструменте GabMap они учитываются. Коэффициент корреляции для этих таблиц равен 0,99. Можно сказать, что веб-приложение позволяет произвести расчет дистанции Левенштейна на базе маленького количества данных достаточно эффективно.

### Заключение

На основании изложенного выше мы можем резюмировать, что современный метод изучения идиомов с помощью веб-приложения GabMap не уступает своим «старшим товарищам», а наоборот позволяет облегчить работу лингвиста, автоматизируя процесс анализа данных. Использование этого метода может позволить ученым-лингвистам намного быстрее и проще разграничивать языки и выявлять новые диалекты.

Этот инструмент позволяет изучить идиомы, не имея большого массива данных, что дает возможность ученым лингвистам исследовать малоизученные идиомы и разграничивать их.

### Список литературы

1. eLinguistics.net [Электронный ресурс] URL: <http://www.elinguistics.net/> (Дата обращения 15.06.22)
2. Левенштейн В. И. Двоичные коды с исправлением выпадений, вставок и замещений символов. // Доклады Академии Наук СССР, 1965. – С. 845–848.
3. Лингвистический энциклопедический словарь / гл. ред. В. Н. Ярцева. – 2-е изд., доп. – Москва: Большая Российская энциклопедия, 2002. – 709 с.
4. DexOnline Толковый словарь румынского языка [Электронный ресурс] URL: <https://dexonline.ro/> (Дата обращения: 15.06.2022)
5. Gabmap — A Web Application for Dialectology. / J. Nerbonne R. Colen, Ch. Gooskens, P. Kleiweg, Th. Leinonen. // Dialectologia – 2011 – Special Issue II – P. 65-89.
6. Goebel H. Dialectometry: A short overview of the principles and practice of quantitative classification of linguistic atlas data // Contributions to Quantitative Linguistics – Salzburg, 1993 – P. 277-315.
7. Heeringa W. Measuring dialect pronunciation differences using Levenshtein distance. // Groningen Dissertations in Linguistics, 2004. -№ 46. – P. 170-177
8. Nerbonne J., Kleiweg P. Toward a Dialectological Yardstick. // Journal of Quantitative Linguistics, 2007. - №14. - P. 148-167.
9. Wiktionary Свободный словарь [Электронный ресурс] URL: <https://www.wiktionary.org/> (Дата обращения: 15.06.2022).

## Формирование релевантного множества слов в текстах бытового юмора методом Word2Vec

В. А. Каладзе, email: wakaladze@yandex.ru  
А. А. Ворсунов, email: chuvoooo@gmail.com

Международный институт компьютерных технологий (МИКТ)

**Аннотация.** В данной работе применён метод Word2Vec и его основные алгоритмы с использованием модели из библиотеки gensim. В работе проведён анализ полученных результатов, приводятся примеры прогноза релевантных слов методом Word2Vec

**Ключевые слова:** компьютерная лингвистика, обработка естественного языка, синтаксис, семантика, векторы слов, Word2Vec, косинусное сходство, CBOW, Skip-gram, gensim, jupyter-notebook

### Введение

Данное исследование относится к области компьютерной лингвистики, связанной с идентификацией алгоритмов для формального описания текстов естественных языков. Для компьютерной реализации подобных моделей исходные слова естественного языка проецируются в элементы числового векторного пространства, поскольку в компьютере происходит обработка только числовых данных, а непосредственно текстовую информацию компьютер не может воспринимать так же, как это делает человек. При этом вводимая информация должна отражать все особенности естественного языка.

При компьютерной реализации необходимо не только представлять текстовую информацию в числовой форме, но при этом сохранить уникальный синтаксис и семантику исходного текста. На всём протяжении развития компьютерной лингвистики в её арсенале появлялось множество способов обработки естественного языка (модель мешка слов one-hot-encoding, tf-idf и т.д.). Но, применяемая в исследовании модель Word2Vec примечательна тем, что впервые позволила полноценно сохранять конструкцию и семантику языка, обеспечив тем самым прорыв в обработке естественного языка. Именно на ней и основана данная работа, целью которой является использование модели Word2Vec и её алгоритмов для поиска контекстных слов.

#### 4. Принцип Word2Vec

Модель Word2Vec, разработанная Томашем Миколовым [1], была представлена в 2013 году. Принцип модели основан на том, что схожие слова реализуются в схожие пространственные векторы, которые формируются с учётом встречаемости слов в контексте. Так, вектор слова «мужчина» будет иметь большее сходство с вектором слова «человек», а вектор слова «пупырчатый» будет ближе по сходству со словом «огурец». Например, обученная сеть (модель) связывает слово «мужчина» со словом «женщина» так же, как слова «король» и «королева».

$$\begin{array}{cc} \text{Мужчина} & \text{Король} \\ \hline \text{Женщина} & \text{Королева} \end{array} \sim$$

Рис. 1. Релевантные отношения

Модель, построенная на основе схожести понятий, сохраняет смысловую близость слов в их векторных образах, обеспечивая релевантность генерируемого машиной текста исходному контексту.

На рис.1 приведена классическая иллюстрация, как модель в векторной форме связывает слова (мужчина: женщина) и (король: королева). Т.е. модель позволяет оценить «отличие/сходство» между этими словами в семантической связи через родовую принадлежность.

Помимо построения слов, как элементов векторного пространства, модель Word2Vec прогнозирует контекстное слово через векторную проекцию. В таком случае релевантное слово определяется через вероятность появления этого слова в указанном контексте:

$$p(w_0 / w_i) = \frac{\exp(v_{w_i} v_{w_0}^T)}{\sum_{j=1}^N \exp(v_{w_i} v_{w_j}^T)} \quad (1)$$

где  $w_0$  – вектор целевого слова,  $w_i$  – вектор контекстной окрестности целевого слова.  $s(w_1, w_2)$  – косинусное сходство.

Данная оценка вероятности основана на функции Softmax [2], представляющей собой обобщение сигмоидной функции на многомерный случай. Функция Softmax преобразует вектор размерности  $n$  в вектор той же размерности, где каждая компонента полученного вектора представлена вещественным числом из отрезка  $[0, 1]$ . При этом сумма компонент  $p_i$  вектора  $p$  равна 1.

Кроме восприятия семантики языка моделью решается ещё и проблема размерности полученных векторов. До её появления пользовались преимущественно методом one-hot-encoding [3], векторы которого выходили слишком объёмными и при этом разреженными. Так, для корпуса из 100 тыс. уникальных слов текст кодировался 100 тысячами векторов, содержащих по 100 тыс. компонент каждый. В Word2Vec корпус текста такой же мощности можно представить набором из 100 тыс. векторов с размерностью в 300 компонент. Модель Word2Vec основана на двух алгоритмах – CBOW и Skip-gram, которые описаны ниже по тексту.

При этом следует отметить, что CBOW реализует семантику контекстного множества, а второй алгоритм Skip-gram отвечает за синтаксис формируемого множества.

## 5. CBOW

Алгоритм CBOW (Непрерывная модель мешка слов) заключается в нахождении целевого слова по входящему контексту. Для примера, возьмем следующий анекдот: «Работа программиста и шамана имеет много общего - оба бормочут непонятные слова, совершают непонятные действия и не могут объяснить, как оно работает». Из анекдота используем небольшой отрывок, с рабочим окном равным двум для удобства в описании. Например, имеем:

«работа программиста и шамана имеет много», следовательно, алгоритм по входящим словам [ $w(t-1)$ =«шамана»;  $w(t+1)$ =«много»] должен предложить слово  $w(t)$ =«имеет».

Архитектура CBOW представлена схемой:

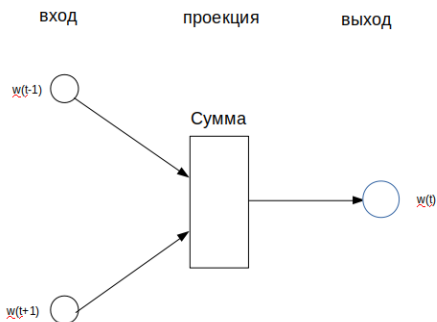


Рис. 2. Архитектура CBOW

Реализация нейронной сети состоит из трёх слоёв:

- Входной слой. На данный слой поступают контекстные слова.
- Слой Embedding. Данный слой-матрица имеет размерность  $N \times X$ , где  $N$  – размер словаря,  $X$  – гиперпараметр, отражающий количество компонент в построенных векторах слов. Гиперпараметр подбирается под конкретный размер словаря, чаще всего эмпирически.
- Выходной слой. Нейроны в данном слое используют вероятность того, что слово является целевым.

## 6. Skip-gram

Таким образом, CBOW подбирает целевое слово по окружающим его контекстным словам, в то время как Skip-gram формирует контекстные слова в окрестности целевого слова, т.е. действует в противоход CBOW.

В том же примере: «работа программиста и шамана имеет много» при входном слове [ $w(t)$ =«имеет»], алгоритм в ответ должен предложить два сопутствующих слова [ $w(t-1)$ =«шамана»;  $w(t+1)$ =«много»]. Архитектура Skip-gram представима в виде:

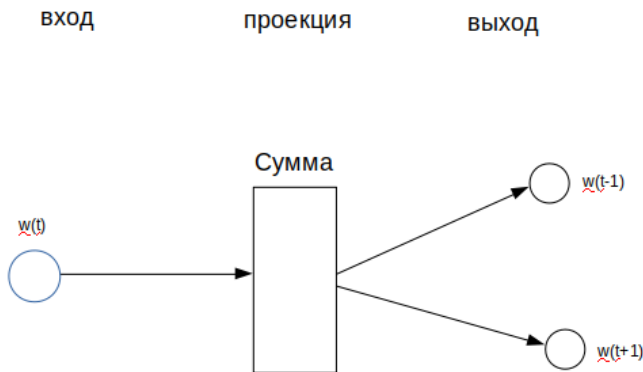


Рис. 3. Архитектура Skip-gram

В реализации Skip-gram в отличие от CBOW задачи входного и выходного слоёв поменяются местами: т.е. целевое слово будет подаваться на вход нейронной сети, а выходной слой будет прогнозировать контекстные слова из окрестности целевого слова.

## 7. Косинусное сходство

Определение косинусного сходства связано с оценкой расстояния между двумя элементами векторного пространства. При этом, косинусное сходство (КС) стремится к единице, когда угол между векторами стремится к нулю, т.е. они наиболее близки друг к другу. На этой основе определяется мера сходства между двумя словами, что так же позволяет определить наиболее вероятное продолжение фразы. Вычисляется КС векторов  $A$  и  $B$  на основе их скалярного произведения как косинус угла  $\theta$  между ними

$$\cos \theta = \frac{\sum_{i=1}^n A_i B_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^n A_i^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n B_i^2}} \quad (2)$$

Данный метод имеет существенный недостаток. Для определения наиболее вероятного слова в предложении необходимо всякий раз рассчитывать КС для всех имеющихся векторов. Можно рассчитать заранее и хранить в памяти значения КС всех возможных слов. Но это тоже не эффективно, т.к. такие комбинации будут занимать много памяти, если учесть, что, например, в Большом академическом словаре русского языка насчитывается около 145 000 слов современного русского литературного языка.

Решением данной проблемы может послужить реализация концепции вложений, при которой Word2Vec используется в качестве вспомогательного инструмента.

## 8. Концепция вложений

Концепция вложений заключается в том, что полученные векторы передаются на специальный слой другой нейронной сети, преобразующий целые числа (индексы слов) в вещественные числа. Вторая нейронная сеть уже непосредственно занимается решением поставленной задачи. К примеру, в задаче генерации текста нейронная сеть, реализующая модель Word2Vec строит векторы слов, которые затем подаются на слой embedding (keras.tensorflow). На этом слое целочисленный ввод будет сопоставляться с полученным векторным представлением. Все дальнейшие действия будут происходить именно с векторами, полученными из Word2Vec-модели. Затем используется вторая нейронная сеть (обычно рекуррентная), обеспечивающая генерацию текста.

## 9. Реализация в библиотеке gensim

Реализация проходит в gensim – библиотеке с открытым исходным кодом на python, предназначенной для обработки естественного языка. Данная библиотека представляет собой удобный инструмент для реализации множества моделей. В данном случае модель сформирована с использованием среды jupyter-notebook, которая удобна тем, что код можно выполнять поэтапно, при этом выполненные ранее блоки кода останутся в памяти. Следовательно, модель можно единожды обучить и с ней взаимодействовать, не обучая её заново каждый раз. Среда jupyter-notebook для языка python (версии 3.10.5), библиотеки gensim (версии 4.2.0), библиотеки pandas (версии 1.4.3). В других версиях используемые программные методы могут быть не реализованы/не актуальны.

Текст для обучения состоит из набора бытовых анекдотов Предложений в текстовом корпусе более 200 тыс.

Прежде чем использовать модель, необходимо подготовить текст, удалив регистр и лишние символы. К примеру, если не удалять регистр, слово «Я» и слово «я» будут разными словами, что сильно увеличит корпус, при этом никакого практического смысла оставлять регистр нет.

Текст хранится в файле excel с расширением.xlsx. Для работы с данным форматом используется библиотека pandas.

```
# Открытие файла
excel_data = pd.read_excel("text.xlsx", header=None)
# Запись в переменную data текст, хранящийся в специальном
типе данных pandas
data = pd.DataFrame(excel_data)
texts_frame = []
# Запись из типа данных DataFrame в массив
for i in data.values.tolist():
# Проверка на пустые строки. Если строка пустая - в корпус она
не попадет.
if len(str(i[0])) > 0:
# Удаление всех символов, кроме русских букв с помощью
регулярного выражения
seq = re.sub(r'^а-я', ' ', str(i[0]).lower())
# Запись элемента в массив
texts_frame.append(seq)
# Удаление далее неиспользуемых переменных из памяти
del data, excel_data
# Функция для перемешивания текста
texts_frame = sorted(texts_frame, key=lambda A:
random.random())
len(texts_frame)
```

После обработки в корпусе остаётся 203396 предложений.

Затем следует текст привести к необходимому виду для модели согласно документации gensim:



```
max_sentence_len = 40
sentences = [[word for word in
text.lower().split():max_sentence_len]] for text in
texts_frame]
```

Таким образом, всё подготовлено для обучения модели. Следующий шаг – создание экземпляра класса Word2Vec gensim.

```
model = Word2Vec(sentences, vector_size=300, min_count=1,
window=2, epochs=150, sg=1)
```

Здесь sentences – ранее подготовленный текст, vector\_size – размерность получаемых векторов, min\_count – минимальное количество вхождений слова в текст. window – размер окна, epochs – количество эпох для обучения модели. sg – алгоритм построенной модели (1-skip-gram, 0-cbow).

Модель была успешно обучена. В следующем пункте приведён анализ уже обученной модели.

## 10. Анализ полученных результатов

После обучения модели можно использовать её в ранее описанных целях. К примеру, найдем ближайшие слова по косинусному сходству для слова «имеет», при обучении модели алгоритмом skip-gram:

```
[24]: model.wv.most_similar("имеет")
[24]: [('шамана', 0.9917073845863342),
      ('много', 0.9909415245056152),
      ('общего', 0.9863792061805725),
```

Рис. 4. Нахождение ближайших слов по косинусному сходству

Нахождение ближайших слов сильно зависит от конкретного корпуса текстов. Тем не менее, теоретический прогноз из пункта 1.2 подтвердился на практике.

С помощью метода get\_vector можно получить итоговый вектор для определённого слова:

```
[36]: model.wv.get_vector("имеет")
[36]: array([ 0.16725959, -0.2949919, -0.04586571, -0.02772975, -0.19318959,
-0.41272947,  0.42536595,  0.05973024, -0.11448608, -0.08169582,
 0.40811756, -0.26969838, -0.11471198, -0.19049269,  0.23646633,
 0.1833827,  0.2932885,  0.18268205, -0.06373168,  0.20025976,
 0.22068545,  0.6403838,  0.35625103, -0.17701311,  0.12431911,
 0.01302469, -0.32920983,  0.4237583,  0.24096496, -0.1745416,
-0.0183533,  0.01736533], dtype=float32)
```

Рис. 5. Вектор слова «имеет»

Кроме того, полученные векторы можно сохранить в отдельный файл для последующей реализации по концепции вложений, описанной выше.

Для визуализации векторов в пространстве используется метод библиотеки TSNE [6]:

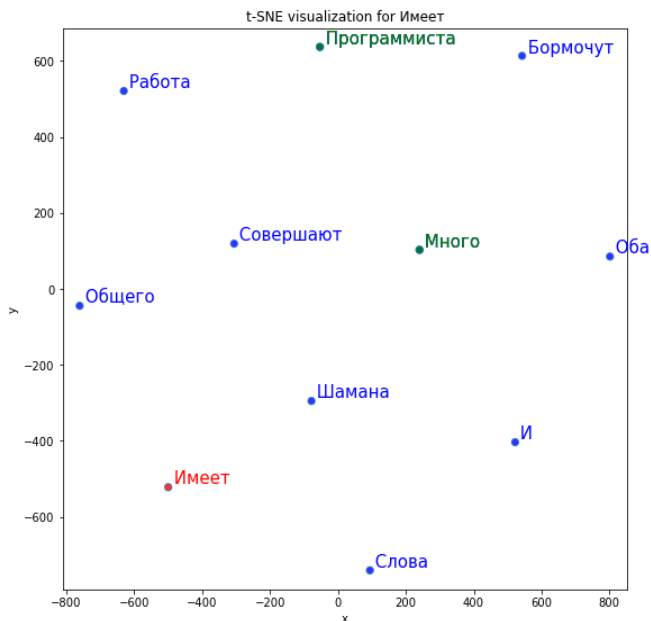


Рис. 6. Множество контекстных векторов, визуализированных в словесной форме

Как видно из рисунка, модель улавливает контекстные связи и строит семантически верное представление текста в пространстве.

### Заключение

Word2Vec – эффективный метод представления текстовой информации, позволяющий сохранять семантику естественных языков в векторном пространстве. В работе описан принцип работы Word2Vec, исследованы основные алгоритмы Word2Vec, обучена исследовательская модель на основе модели библиотеки gensim. Метод Word2Vec на данный момент лежит в основе современных моделей типа трансформер [7], что определяет исследование этого метода, как важное

направление в области компьютерной лингвистики и обработки естественного языка.

### Список литературы

1. Efficient Estimation of Word Representations in Vector Space [Электронный ресурс]: науч. статья. – Режим доступа: <https://arxiv.org/pdf/1301.3781.pdf>
2. Softmax [Электронный ресурс]: науч. журн. – Режим доступа: <https://congyuzhou.medium.com/softmax-3408fb42d55a>
3. Survey on categorical data for neural networks [Электронный ресурс]: науч. журн. – Режим доступа: <https://journalofbigdata.springeropen.com/articles/10.1186/s40537-020-00305-w>
4. tf-idf – статистическая мера оценки важности слова в контексте документа [Электронный ресурс]: науч. журн. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/company/skillfactory/blog/566414/>
5. An Overview of Bag of Words;Importance, Implementation, Applications, and Challenges [Электронный ресурс]: науч. статья. – Режим доступа: [https://www.researchgate.net/publication/338511771\\_An\\_Overview\\_of\\_Bag\\_of\\_WordsImportance\\_Implementation\\_Applications\\_and\\_Challenges](https://www.researchgate.net/publication/338511771_An_Overview_of_Bag_of_WordsImportance_Implementation_Applications_and_Challenges)
6. sklearn.manifold.TSNE [Электронный ресурс]: документация – Режим доступа: <https://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.manifold.TSNE.html>
7. Attention Is All You Need [Электронный ресурс]: науч. статья, – Режим доступа: <https://arxiv.org/pdf/1706.03762.pdf>

## Улучшение структуры и быстродействия модуля поиска заимствований в системе проверки учебных работ по программированию

Н. Д. Козулин, email: 301nikotrin301@gmail.com

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)»

**Аннотация.** *Статья посвящена модернизации модуля поиска заимствований в практических заданиях студентов по программированию. В статье описан используемый в данном модуле подход обработки кодов программ, а также описаны реализованные изменения по ускорению его работы и внедрению возможностей расширения для дальнейшего развития.*

**Ключевые слова:** *статический анализ исходного кода программы, обнаружение заимствований.*

### Введение

В процессе обучения программированию выдается множество практических заданий, требующих не только корректности решения, но и его оригинальности, которые обеспечивают проверку освоения предоставляемого материала. Все это ведет к появлению достаточно больших объемов работы для преподавателей. В рамках автоматизации выполнения данной задачи тестирование правильности выполнения программ частично возможно реализовать, в то время как задача определения наличия заимствований представляет из себя более комплексную проблему. Хотя системы антиплагиата в целом уже прошли огромный путь в своем развитии, основной их направленностью выступает поиск заимствований в текстах, написанных на естественных языках (ЕЯ). Подход, используемый в сервисах поиска плагиата в текстах на ЕЯ, не применим к анализу кода программ, поскольку он не учитывает специфики языков программирования, предоставляющих обширные возможности, которые могут быть использованы при сокрытии чужого кода в своей работе, что приводит к необходимости применения специализированных средств поиска заимствований.

На кафедре 319 МАИ разработан и используется комплекс инструментов [1] для автоматизированной проверки связанных с

программированием работ студентов. В этот комплекс уже внедрен модуль обнаружения заимствований [2], направленный на разбор работ, относящихся к стандартным учебным задачам на языке программирования Java. Одним из недостатков модуля является его относительная невысокая скорость работы. Также поскольку практическими заданиями по программированию учебный процесс не ограничивается, возникает потребность как в расширении данного модуля, например, адаптации его к смежным дисциплинам через внедрение поддержки других языков программирования, так и дополнении его возможностями, например, сравнения работ с источниками из сети Интернет. Для этого необходимо улучшить внутреннюю структуру модуля с целью упрощения внесения в него дальнейших изменений и повышения производительности с сохранением требуемого качества работы.

### **Описание используемого подхода в анализе работ**

В основе работы ранее разработанного модуля поиска заимствований лежит лексический подход, суть которого состоит в преобразовании исходного кода программы в аналогичную ему последовательность строк, состоящих из токенов – лексем, соответствующих элементам и конструкциям использованного языка программирования. Сам же процесс поиска заимствований в программах представлен в модуле в виде следующих шагов:

1. Подготовительный этап, заключающийся в очистке или замене элементов исходного кода программ способных помешать преобразованию его в последовательность токенов и анализу структуры программы.

2. Токенизация – процесс преобразование исходного кода программы, проводимый на основе корневого блока с подстановкой токенизированных представлений методов после инструкции их вызова, в представление для осуществления сравнения.

3. Сравнение – определение доли уникальности между исходными кодами программ, основывающийся на редакционном расстоянии Левенштейна [3], определяемом при помощи алгоритма Вагнера-Фишера [4].

В ходе применения старой версии модуля выяснилось, что с учетом планируемого расширения количества данных его скорость работы недостаточна, особенно, если учитывать в проверках решения прошлых лет. В рамках улучшения производительности и возможностей по расширению модуля предлагается внедрение механизма построения абстрактного синтаксического дерева (АСД) для работы с элементами кода программы в виде отдельных узлов, а не последовательно. В

рамках реализации данного подхода были рассмотрены следующие библиотеки, позволяющие создавать АСД:

- Compiler Tree API [5]
- JavaParser [6]
- Eclipse JDT API [7]
- Spoon [8]

### **Сравнение библиотек построения АСД**

Для тестирования были использованы 973 работы студентов, полученные в рамках одного учебного семестра и распределенные по 56 учебным задачам. Результаты тестирования производительности разбора работ данными библиотеками представлены в таблице 1.

Таблица 2

*Время работы библиотек построения АСД*

<b>Библиотека</b>	<b>Время разбора, мс</b>
Compiler Tree API	275984
JavaParser	3064
Eclipse JDT API	2577
Spoon	31872

На основе приведенного тестирования (табл. 1) и анализа работы была выбрана библиотека JavaParser. Ключевыми определяющими критериями выбора JavaParser являются:

- Отсутствие нормальной документации у Compiler Tree API из чего следует невозможность получения АСД отдельно от компиляции всей программы.
- Медленная скорость работы и отсутствие возможности прохода по дереву, основанной на шаблоне «Посетитель», у библиотеки Spoon.
- Простое использование и большое разнообразие классов-посетителей у JavaParser для прохода по дереву в сравнении Eclipse JDT API, а также возможность анализа только части выражения, представленного в виде строки.

В дополнение к построению АСД у JavaParser имеется встроенная библиотека JavaSymbolSolver, позволяющая определять тип выражения и определять необходимые для вызова методы на основе переданных в них выражений в виде аргументов на основе пользовательских и встроенных в Java типов, а также на основе типов данных из подключаемых библиотек.

### **Изменение подготовительного этапа и этапа токенизации**

С использованием JavaParser подготовительный этап работы инструмента был модифицирован следующим образом:

- Процесс очистки полностью убран из-за его наличия в JavaParser, а следовательно, в новой версии не производится предварительное редактирование исходного кода программ.
- Непосредственно анализ структуры программы осуществляется при помощи обхода АСД на основе паттерна «Посетитель», что позволяет разделить алгоритмы обработки по методам класса-посетителя принимающие соответствующие элементы языка программирования.

Этап токенизации был в значительной степени изменен, что позволило разделить обработку непосредственно выражений по отдельным методам. Одно из ключевых изменений является построение иерархии классов-токенизаторов, позволяющей определить базовую реализацию токенизации, при которой в представление подставляется соответствующий токен элемента выражения без дополнительной обработки. Процесс токенизации может быть переопределен дочерними классами с перезаписью только ряда ключевых методов для настройки под конкретный ряд задач.

Сам по себе JavaParser не отслеживает присвоения переменным объектов различных типов из-за чего он не может разрешать динамический полиморфизм. Разработанный класс-токенизатор с обобщением представления всех идентификаторов, заменяет переменные в выражениях-аргументах методов объектами типов, содержащиеся в них в действительности на момент выполнения данной инструкции, при помощи специального класса-посетителя.

### **Сравнение производительности старой и новой версий**

Старая версия модуля обнаружения заимствований и новая были протестированы на работах студентов для выявления разницы их производительности, результаты чего представлены в таблице 2.

Таблица 3

*Сравнение производительности старой и новой версий модуля*

<b>Версия</b>	<b>Подготовительный этап, мс</b>	<b>Токенизация, мс</b>	<b>Итог, мс</b>
Старая	438200	27972	466172
Новая	118928	79045	197973

На основе результатов тестирования (табл. 2) видно, что подготовительный этап ускорился примерно в 3,7 раз, а токенизация замедлилась в 2,8 раз, что в итоге дает общее ускорение работы

программы примерно в 2,4 раза. Также ручная проверка работы модуля показала, что новая версия не снижает качество непосредственного сравнения программ.

### **Заключение**

В рамках модернизации модуля поиска заимствований были проанализированы библиотеки построения АСД на основе исходных кодов программ, написанных на языке Java. Также было произведено их сравнение, на основе которого выбрана библиотека для использования.

Применение библиотеки по построению АСД на основе исходного кода позволила разделить обработку элементов программы по отдельным методам, что делает структуру модуля более читаемой и гибкой, а также позволило увеличить скорость работы инструмента целиком. Структура модуля обнаружения заимствований также стала готова к дальнейшему расширению.

### **Список литературы**

1. Данилова, И. И. Применение автоматизированных тестов и инструментов статического анализа в информационной системе проверки программ в рамках обучения программированию / И. И. Данилова, С. А. Полицын // Информатика: проблемы, методология, технологии : Сборник материалов XIX международной научно-методической конференции, Воронеж, 14-15 февраля 2019 года / Под ред. Д.Н. Борисова. – Воронеж: Издательство «Научно-исследовательские публикации» (ООО «Вэлборн»), 2019. – С. 921-926.
2. Козулин, Н. Д. Проектирование системы обнаружения заимствований в программах студентов / Н. Д. Козулин // Гагаринские чтения – 2022 : Сборник тезисов работ международной молодёжной научной конференции XLVIII, Москва, 12-15 апреля 2022 года. – Москва: Издательство "Перо", 2022. – С. 253-254.
3. Левенштейн, В. И. Двоичные коды с исправлением выпадений, вставок и замещений символов / В. И. Левенштейн // Доклады Академии Наук СССР. – 1965. – Т. 163. – №4. – С. 845-848.
4. Wagner, R. A. The String-to-String Correction Problem / R. A. Wagner, J. F. Michael // Journal of the ACM. – 1974. – № 21. – С. 168-173.
5. Compiler Tree API [Электронный ресурс] : официальный сайт программного продукта. – Режим доступа: <https://docs.oracle.com/javase/8/docs/jdk/api/javac/tree/>
6. JavaParser [Электронный ресурс]: официальный сайт программного продукта. – Режим доступа : <https://javaparser.org/>
7. Eclipse JDT [Электронный ресурс]: официальный сайт программного продукта. – Режим доступа : <https://www.eclipse.org/jdt/>
8. Spoon [Электронный ресурс]: официальный сайт программного продукта. – Режим доступа: <https://spoon.gforge.inria.fr/index.html>



## О предельном размере словаря и фрактальной размерности метакниги А.Ф. Писемского

А. А. Кретов kretov@rgph.vsu.ru<sup>1</sup>

М. В. Половинкина polovinkina-marina@yandex.ru<sup>2</sup>

И. П. Половинкин polovinkin@yandex.ru<sup>1,3</sup>

А. В. Трофимова alina.trofimova01@mail.ru<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Воронежский государственный университет

<sup>2</sup> Воронежский государственный университет инженерных технологий

<sup>3</sup> Белгородский государственный национальный исследовательский университет (БелГУ)

**Аннотация.** В работе описываются возможности измерения таких характеристик авторских корпусов текстов, как предельный размер словаря писателя и фрактальная размерность его метакниги. Рассматривается проблема практического расчета фрактальной размерности. Приводятся результаты расчетов для метакниги А.Ф. Писемского.

**Ключевые слова:** закон Хипса, самоподобие, фрактальность языка, фрактальная размерность, реальный и предельный размер словарного запаса А.Ф. Писемского.

### Введение

Во многих сферах научных исследований может быть применен аппарат нелинейной динамики. В частности, это можно сказать о принципе самоподобия и понятии фрактала. Можно сказать, что понятие фрактала в математике и физике закрепилось устойчиво. В других областях обнаружение эффектов самоподобия и возможность использования инструментов фрактальной теории достаточно разрозненны, хотя база выявленных фактов достаточно обширна. Мы предлагаем рассмотреть некоторые из достижений современной лингвистики с точки зрения теории фракталов. Фрактальные (рекурсивно-самоподобные) проявления в языке были замечены в лингвистических исследованиях (см., например, [1-4]). В основном речь идет о фиксации и словесном описании самоподобия в языке. Однако есть все основания рассматривать количественные характеристики фрактальности текстов.

#### 4. Фрактальная размерность текста метакниги и способ ее оценки

В работе [5] предлагается уточнение закона Хипса (со ссылкой на [6]), согласно которому количество различных, уникальных слов, лемм ( $N$ ), как функция от общего количества слов (словоупотреблений) в метакниге ( $M$ ), имеет степенной порядок роста  $\Theta(M^\alpha)$ , где  $\alpha \in (0,1)$ . Далее предлагается рассматривать закон Хипса не как асимптотическую оценку, а как точную формулу с переменным показателем  $\alpha$  и переписать его в виде.

$$\alpha = \alpha(M) = \ln N / \ln M. \quad (1)$$

Это является основанием обратиться к аппарату, развитому в теории фракталов. В книге [7] описан следующий подход к понятию фрактальной размерности. Введем в пространстве  $R^d$  совокупность конгруэнтных «атомарных» множеств, имеющих топологическую размерность  $d$ . Это множество либо  $d$ -мерных шаров, либо  $d$ -мерных кубов. Для определенности будем считать, что это шары. Пусть фрактальный объект находится в пространстве  $R^d$ . Зафиксируем достаточно малый радиус  $l > 0$ . Покроем целиком фрактальный объект шарами радиуса  $l$ . Предположим, что для этого потребовалось как минимум  $N = N(l)$  шаров. Число

$$\alpha_0 = - \lim_{l \rightarrow 0} (\ln N / \ln l) = \lim_{l \rightarrow 0} (\ln N / \ln(1/l)) \quad (2)$$

называется фрактальной размерностью рассматриваемого объекта.

В форме (2) это определение едва ли подойдет для характеристики текста, поскольку мы не можем устремлять к нулю размер атомарного множества, которым естественно считать слово (словоупотребление). Придется его немного изменить с целью приспособить к нашим нуждам.

В обозначениях [5] положим

$$l = 1/M. \quad (3)$$

Можно интерпретировать равенство (3) следующим образом. Считая словоупотребление «атомарным кирпичиком» для рассматриваемого текста, мы определяем его размер, соизмеряя этот «кирпичик» с самим же текстом, так как, собственно, его больше нечем измерить. Иными словами, за размер «атома» мы принимаем долю, занимаемую им в целом. Под мощностью же покрытия текста мы понимаем количество уникальных слов (лемм), словоупотребления которых составили весь текст. Далее по определению положим

$$\alpha_0 = - \lim_{l \rightarrow 0} (\ln N / \ln l) = \lim_{M \rightarrow +\infty} (\ln N / \ln M) = \lim_{M \rightarrow +\infty} \alpha(M), \quad (4)$$

а число  $\alpha_0$ , определенное формулой (4), назовем фрактальной размерностью текста.

Практическое вычисление числа  $\alpha_0$  по формуле (4), конечно, невозможно. В формуле (4) предполагается, что объем текста  $M$ , понимаемый как количество словоупотреблений в нем, может принимать сколь угодно большие значения. Если речь идет о тексте некоторого произведения, то, разумеется, это не так. Авторы работы [5] вводят понятие метакниги писателя как объединения всех текстов, написанных этим писателем. Если писатель достаточно плодовит, то такая концепция позволяет считать, что  $M \rightarrow +\infty$ , хотя при практическом вычислении все равно приходится ограничиваться имеющейся длиной метакниги для вычисления приближенного значения  $\alpha_0$ .

Нижняя оценка фрактальной размерности метакниги может быть получена из следующих соображений. На основе эмпирических данных произведем аппроксимацию функции, выражающей зависимость величины словаря от величины метакниги. Пользуясь полученной зависимостью, с помощью экстраполяции определим такую величину метакниги, при превышении которой приращение величины словаря будет пренебрежимо мало. Найдем соответствующий предельный объем словаря и вычислим величину (1) для найденных значений.

Немного видоизмененный подход может состоять в следующем. Обратимся к важной характеристике мета-книги, называемой "коэффициентом лексического разнообразия" (КЛР, англ. lexical diversity, LD) – количественная характеристика текста, отражающая степень богатства словаря при построении текста заданной длины. В самом простом варианте LD вычисляется как отношение числа отдельных лексических единиц словаря (лемм, англ. types) к количеству их употреблений в тексте (словоформ, «текстовых слов», англ. tokens) (type/token ratio). Для такого способа вычисления принято обозначение TTR. TTR предположительно был введен в научный обиход в 1957 году в работе специалиста по лингводидактике М. Темплина (см., напр., [8]). Вычисление LD в виде TTR подвергается критике за то, что при этом "не учитывается влияние длины текста", поскольку при увеличении длины текста величина словаря растет медленнее, а значит TTR будет уменьшаться и стремиться к нулю. Однако для наших целей именно это качество TTR полезно. Можно считать предельным размером словаря такое значение этого размера, при котором КЛР становится пренебрежимо малым. В связи с этим требуется уточнить, что

понимается под "малостью" как приращения словаря, так и КЛР. Здесь возникает и проблема увязать это понятие малости с выбором модели тренда и как следствие – способа экстраполяции тренда.

### 5. Верхняя оценка фрактальной размерности метакниги А.Ф. Писемского

В качестве примера применения изложенных выше соображений мы рассмотрели 20 произведений А.Ф. Писемского разного объема, охватывающие более-менее равномерно отрезок времени в 30 лет. При этом сознательно отбиралось 20 доступных текстов максимального размера, чтобы обеспечить наибольшую достоверность данных о приросте новых слов. Нам пришлось совершить 19 шагов, на каждом из которых метакнига наращивалась посредством конкатенации текста очередного произведения, вычислялся ее текущий размер, равный количеству словоупотреблений, а также осуществлялись лемматизация, соответствующее наращивание словаря и вычисление его текущего размера. Лемматизация осуществлялась с помощью размещенного в свободном доступе морфологического анализатора русского языка MyStem, разработанного Ильей Сегаловичем в компании "Яндекс". На основе расчетов, произведенных с этим корпусом текстов (метакнигой), мы пришли к верхней оценке фрактальной размерности метакниги А.Ф.Писемского, равной 0,726969.

### 6. Предельный размер словаря и нижняя оценка фрактальной размерности метакниги А.Ф. Писемского

Для верхней оценки нам понадобились лишь конечные значения размера метакниги и размера словаря. Для нижней оценки понадобилась фиксация всех промежуточных пар значений после каждой конкатенации. Эти данные приведены в табл.

Таблица

*Прирост новых слов и покрываемого ими текста.*

Год	Текст	Длина текста	Слов в тексте	Кумулят. длина корпуса текстов $M$	Кумулят. размер словаря автора $N$	КуКЛР $Y_{ТТР}$
18__		$\Delta M$	$\Delta N$			
50	Тюфяк	54097	5263	54097	5263	0,0973
51	Сергей Петрович Хозаров и Мари Ступицына	40955	4462	95052	7000	0,0736
51	Комик	21366	3321	116418	7979	0,0685

## Окончание таблицы

Год 18__	Текст	Длина текста $\Delta M$	Слов в тексте $\Delta N$	Кумулят. длина корпуса текстов $M$	Кумулят. размер словаря автора $N$	$Y_{TTR}$
53	Леший	13309	2524	129727	8836	0,0681
54	Фанфарон	17723	3003	147450	9505	0,0645
55	Виновата ли она?	23416	3163	170866	10081	0,0590
55	Плотничья артель	16637	3174	187503	11004	0,0587
58	Тысяча душ	136097	10673	323600	15279	0,0472
58	Боярщина	45694	4673	369294	15879	0,0430
59	Горькая судьбина	16052	2643	385346	16304	0,0423
61	Старческий грех	25958	4650	411304	17083	0,0415
63	Взбаламучен ное море	121661	10292	532965	19940	0,0374
65	Русские лгуны	51076	4049	584041	20419	0,0350
69	Люди сороковых годов	228215	12490	812256	23446	0,0289
71	В водовороте	147362	8056	959618	24455	0,0255
73	Подкопы	35756	2746	995374	24693	0,0248
73	Вaal	21946	3301	1017320	24971	0,0245
75	Просвещенно е время	14091	2279	1031411	25133	0,0244
77	Мещане	95072	7922	1126483	26041	0,0231
80	Масоны	226047	13253	1352530	28652	0,0212

В табл.  $N$  – текущее значение размера словаря;  $\Delta N$  – приращение словаря, то есть количество новых уникальных слов при присоединении очередного текста к метакниге;  $M$  – текущее значение размера метакниги;  $\Delta M$  – приращение размера метакниги, то есть количество словоупотреблений в присоединяемом к метакниге тексте;  $Y_{TTR}$  – текущее значение TTR (КЛР).

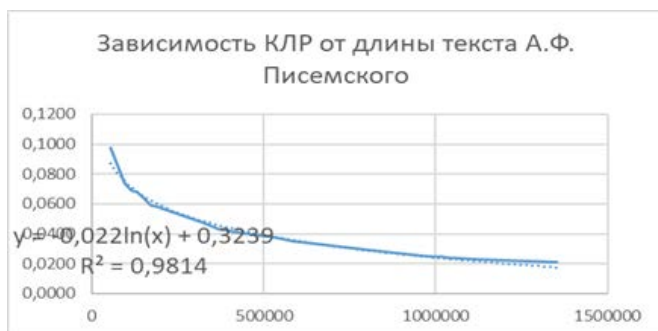


Рис. 1. Динамика КЛР в корпусе художественной прозы А. Ф. Писемского при присоединении к корпусу новых произведений.

Возникает естественный вопрос об адекватном моделировании тренда изменения КЛР с увеличением корпуса произведений писателя. Выбор средств моделирования, как известно, зависит от целей моделирования. В нашем случае этой целью является определение предельного размера словаря. Здесь возникает еще одна задача: указать формализованные признаки достижения предельного размера словаря. В качестве таковых можно предложить близость к нулю приращения словаря при включении в корпус текста очередного произведения или близость к нулю КЛР. Совершенно ясно, что величина КЛР должна стремиться к нулю при неограниченном увеличении корпуса, но принимать нулевое значение не может, поскольку величина размера словаря всегда положительна. В связи с этим требуется уточнить, что понимается под «малостью» как приращения словаря, так и КЛР. Здесь возникает и проблема увязать это понятие малости с выбором модели тренда и как следствие способа экстраполяции тренда.

Имеются многочисленные попытки построения эмпирических формул для выражения зависимости объема словаря от объема текста, как и зависимости КЛР от объема текста. Наиболее подходящей в агрегированном смысле считается аппроксимация по степенному закону Ципфа, известному также как закон «аллометрического» или «постоянного относительного роста»:

$$КЛР = C x^\gamma$$

где  $\gamma < 0$ ,  $x$  – накопленный размер текста корпуса. При таком моделировании тренда мы, конечно, не получим нулевого значения КЛР, что соответствует реальности. Поэтому мы можем считать, что рост

словаря пренебрежимо мал, когда КЛР пренебрежимо мал. Что это означает, подчеркиваем, подлежит уточнению. Кроме проблемы уточнения «малости» есть еще одна проблема. Согласно Ю.А. Тулдаве [9, с. 99] при больших размерах текста прогнозирование тренда КЛР с помощью закона Ципфа дает значительные погрешности (завышенные оценки).

Мы предлагаем несколько иной путь. Выберем в качестве линии тренда логарифмическую зависимость (см. рис. 1). Более точно, мы выбираем логарифмические и постоянные функции в качестве базисных, а функцию зависимости КЛР от объема текста ищем в виде линейной комбинации базисных функций. Коэффициент правдоподобия в таком случае тоже очень высок. Зато такая функция имеет нуль. Значение размера текста при этом мы можем считать соответствующим предельному размеру словаря. Приравняем нулю функцию тренда и решим уравнение

$$0,3239 - 0,022 \ln M = 0$$

Пусть  $M_0$  – корень этого уравнения. Легко видеть, что

$$\ln M_0 = 0,3239 / 0,022 \approx 14,72273,$$

$$M_0 \approx e^{14,72273} \approx 2477418$$

Итак, исходя из выбранного способа моделирования, мы заключаем, что размер текста корпуса, при котором достигается предельный размер словаря А. Ф. Писемского, составляет 2 477 418 слов. Ясно, что это некоторая приближенная оценка.

## 7. Результаты и их обсуждение

Теперь мы должны найти предельный размер словаря. Пойдем тем же путем. В качестве линии тренда выберем логарифмическую зависимость (см. рис.) и приравняем нулю функцию тренда. Пусть  $N_0$  – корень уравнения

$$0,4424 - 0,041 \ln N = 0$$

Тогда, очевидно,

$$\ln N_0 = 0,4424 / 0,041 \approx 10,79024,$$

$$N_0 \approx e^{10,79024} \approx 48545$$

Итак, оценка предельного размера словаря А.Ф. Писемского (с необходимым замечанием об учете выбранного метода моделирования) составляет «прогнозно» 48545 слов.

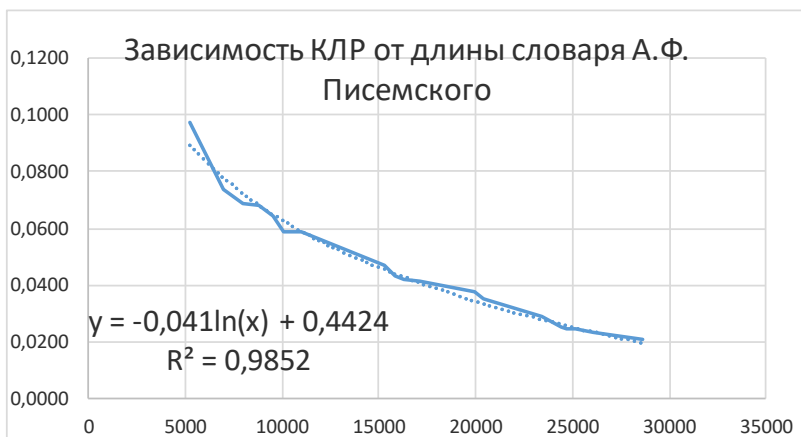


Рис. 2. Зависимость КЛР от размера словаря А.Ф. Писемского

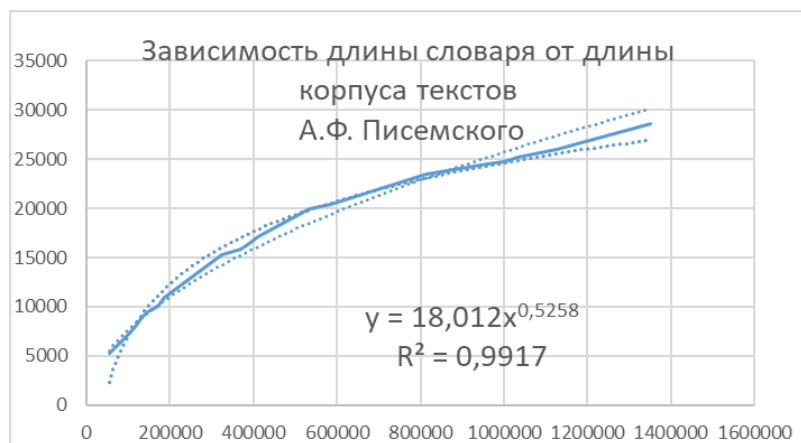


Рис. 3. Зависимость размера словаря от размера корпуса текстов А. Ф. Писемского

Есть еще одна проблема – проблема проверки достоверности полученных прогнозов. Классический способ сравнения приближенного решения с точным решением или с экспериментальными данными применен быть не может по причине отсутствия таковых. Здесь нам доступны лишь косвенные способы проверки. Попробуем вновь



воспользоваться вариантом закона Ципфа, но теперь для описания зависимости размера словаря от размера текста:

$$N = A M^{\beta},$$

где  $N$  – размер словаря,  $M$  – размер текста,  $0 < \beta < 1$ . По данным табл. устанавливается степенная зависимость вида (см. рис. 4):

$$N = 18.012 M^{0.5258}$$

Подставив в эту формулу значение  $M_0 \approx e^{14.72273} \approx 2477418$ , мы получим значение 41450 слов как оценку для предельного размера словаря. Это значение отличается от полученного ранее как нуля логарифмической функции тренда КЛР. При этом относительная погрешность составляет

$$\frac{48545 - 41450}{48545} \times 100\% \approx 14.61\%$$

что, на наш взгляд, вполне приемлемо. Осталось только принять окончательное решение о прогнозе предельного размера словаря и размера соответствующего размера корпуса.

Произведя традиционные округления, приходим к следующим прогнозам:

- предельный размер словаря А.Ф. Писемского находится в промежутке 41450 – 48545 слов,
- размер текста, при котором достигается предельный размер словаря А.Ф. Писемского, составляет 2.477.418 слов.

Теперь мы можем вычислить нижнюю оценку фрактальной размерности метакниги А.Ф. Писемского:

$$\alpha_0 \approx \frac{\ln 41450}{\ln 2477418} \approx 0.722166$$

Таким образом, фрактальная размерность метакниги А.Ф. Писемского, составленной из его 20 произведений, может быть заключена в промежуток  $[0,722166; 0,726969]$ .

Отметим, что ранее примененный здесь метод использован в [10].

### Список литературы

1. Кретов А.А. Основы лексико-семантической прогностики. Монография / А.А. Кретов. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 2006. – 404 с.
2. Кретов А.А. Русское слово как самоподобная рекурсивная структура / А. А. Кретов, И. Е.Воронина // Лингвистика на исходе XX века: итоги и перспективы: сб. науч. труд. – М.: Филология, 1995. – Т. I. – С. 269-271.

3. Кретов А.А. Фрактальность в русском языке / А. А. Кретов // Русское национальное сознание в его языковом воплощении: прошлое, настоящее, будущее. XXX Распоповские чтения: материалы Международной конференции, Воронеж, 2-4 марта 2012 г. / [под ред. Л.М. Кольцовой]; Воронежский государственный университет. – Воронеж: Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета, 2012, С.138-147.
4. Петряков Л.Д. Методологические перспективы фрактальной семантики / Л. Д. Петряков // Известия вузов. Серия «Гуманитарные науки». – 2017. – 8 (2) – С. 148–153.
5. Bernhardsson S. The meta book and size-dependent properties of written language / S. Bernhardsson, L. E. Correa da Rocha, P. Minnhagen // New Journal of Physics. – 2009. – 11. – 123015 (15pp). Online at <http://www.njp.org/> doi:10.1088/1367-2630/11/12/123015
6. Heaps H. S. Information Retrieval: Computational and Theoretical Aspects / H. S. Heaps – New York: Academic Press, 1978.
7. Mandelbrot B.B. The Fractal Geometry of Nature / B. B. Mandelbrot. – San Francisco: W.H. Freeman, 1982. – 468 p.
8. Torruella J. and Capsada R Lexical Statistics and Topological Structures: A Measure of Lexical Richness / J. Torruella, R. Capsada // Procedia - Social and Behavioral Sciences. – 2013. – 95. – pp. 447–54.
9. Тулдава Ю.А. Проблемы и методы квантитативно-системного исследования лексики / Ю.А. Тулдава. — Таллин: Валгус, 1987. — 204 с.
10. Kretov A. A., Polovinkina M. V., Polovinkin I. P. and Lometc M.V. On some concepts of nonlinear dynamics suitable for use in linguistics 2021 J. Phys.: Conf. Ser. 1902 doi:10.1088/1742-6596/1902/1/012075

## Идентификация человеческих ценностей в текстовых аргументах

М. В. Лаптев, email: mv@paq.su

С. В. Вычегжанин, email: vychegzhaninsv@gmail.com

Е. В. Котельников, email: kotelnikov.ev@gmail.com

ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»

**Аннотация.** *В работе рассматриваются человеческие ценности, такие как «Самостоятельность», «Забота о природе» и т.д., и осуществляется попытка идентификации этих ценностей в текстовых аргументах на русском языке. Предоставляется перевод на русский язык размеченного англоязычного текстового корпуса с разметкой аргументов по ценностям. Достигнуто качество  $F_1 = 0,4034$ , что является улучшением относительно текущих результатов в англоязычном сегменте.*

**Ключевые слова:** *человеческие ценности, текстовые аргументы, идентификация, TF-IDF, Word2Vec, BERT.*

### Введение

Почему люди расходятся во мнениях относительно наиболее правильного решения спорных вопросов даже при условии использования одной и той же информации для формирования собственного мнения? Для ответа на этот вопрос необходимо узнать факторы, формирующие мнение отдельного человека. Известно, что разные люди имеют разные мнения и приоритеты в отношении того, чего следует достигать (стремление быть успешным / быть скромным) и что делать (придерживаться традиций / быть самостоятельным), что в совокупности называют человеческими ценностями [1]. Согласно определению, человеческие ценности – это связанные с желаемым конечным состоянием или способом поведения убеждения, выходящие за рамки конкретных ситуаций, оценивающие поведение людей и события, а также упорядоченные по важности друг относительно друга, формируя систему ценностных приоритетов [2]. Таким образом, забота о природе является ценностью, а предпочтения в еде – нет.

Задача идентификации ценностей в текстовых аргументах является сложной из-за большого количества ценностей, неявных отсылок к ним в аргументах и неоднозначности аргументов в естественном языке. Однако создание текстовых корпусов с разметкой по аргументации и

прогресс последних лет в обработке естественного языка позволяют решать подобного рода задачи.

В настоящей статье впервые для русского языка выполняется исследование качества автоматической идентификации ценностей в аргументационных текстах на основе методов машинного обучения. Исследование проводится на материале англоязычного текстового корпуса с разметкой 5220 аргументов по ценностям, переведенного на русский язык. Данный корпус предоставлен в общий доступ.

## **8. Использование ценностей для анализа аргументов**

Большинство социальных наук так или иначе взаимодействуют с человеческими ценностями. М. Рокич утверждает, что ценности являются убеждениями, относящимися к конечным состояниям или способам поведения, а системы ценностей – это расстановки приоритетов ценностей, основанные на личных, культурных и социальных факторах, приписывая ценности людям, а не объектам [3]. Данная статья следует этим определениям, делая акцент на личные ценности, стоящие за аргументами.

Связь между человеческими ценностями и аргументами находила применение и ранее. Например, человеческие ценности использовались в вычислительных системах аргументации [4] или анализировались для профилирования личности, используя пользовательские эссе и тексты в социальных сетях [5].

В настоящее время широкое распространение получила теория базовых индивидуальных ценностей Ш. Шварца, схема которой представлена на рис. 1 [6]. Ш. Шварц основывал порядок расположения ценностей на базе конфликта или совместимости различных ценностей, которые совместно проявляются в определенных ситуациях. Например, решение бросить вызов власти создает конфликт между «Самостоятельностью» и «Конформизмом», но способствует проявлению и «Самостоятельности», и «Стимуляции» [6]. Из этого можно сделать вывод, что человеческие ценности могут обеспечить контекст для категоризации, сравнения и оценки аргументов, позволяя обеспечивать исследования в социальных науках информацией о ценностях с помощью крупномасштабных наборов данных; оценивать аргументацию по масштабу и силе; генерировать или подбирать аргументы, исходя из системы ценностей целевой аудитории; выявлять противоположные и общие ценности с обеих сторон спорной темы [7].

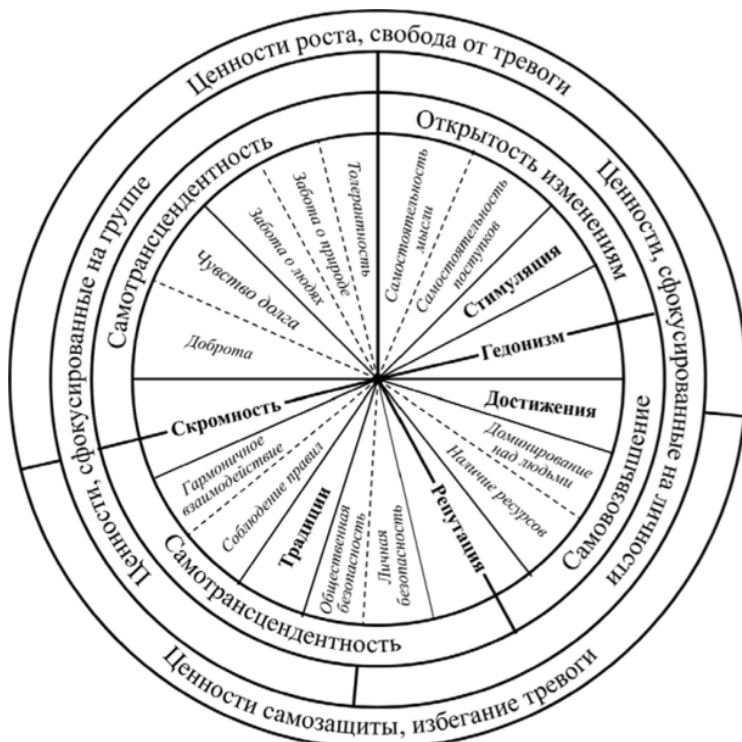


Рис. 4. Схема ценностей Ш. Шварца [8]

В табл. 1 приведены 19 базовых ценностей Шварца с потенциально различным мотивационным смыслом и дается определение каждой из них в терминах мотивационных целей [6].

Таблица 1

*Ценности в уточненной теории Ш. Шварца*

Ценность	Концептуальное определение с точки зрения мотивационной цели
Самостоятельность – Мысли	Свобода развивать собственные идеи и способности
Самостоятельность – Поступки	Свобода определять собственные действия
Стимуляция	Стремление к возбуждению, новизне и переменам

<b>Ценность</b>	<b>Концептуальное определение с точки зрения мотивационной цели</b>
Гедонизм	Стремление к удовольствию и чувственному удовлетворению
Достижение	Достижение успеха в соответствии с социальными стандартами (нормами)
Власть – Доминирование	Влияние посредством осуществления контроля над людьми
Власть – Ресурсы	Влияние посредством контролирования материальных и социальных ресурсов
Репутация	Защита и влияние посредством поддержания публичного имиджа и избегания унижения
Безопасность – Личная	Безопасность непосредственного окружения
Безопасность – Общественная	Безопасность и стабильность общества в целом
Традиция	Поддержание и сохранение культурных, семейных или религиозных традиций
Конформизм – Правила	Соблюдение правил, законов и формальных обязательств
Конформизм – Межличностный	Избегание причинения вреда или огорчения другим людям
Скромность	Признание незначительности существования одного человека в круговороте жизни
Универсализм – Забота о других	Стремление к равенству, справедливости и защите всех людей
Универсализм – Забота о природе	Сохранение природной среды
Универсализм – Толерантность	Принятие и понимание тех, кто отличается от тебя
Благожелательность – Забота	Преданность группе и благополучие ее членов
Благожелательность – Чувство долга	Стремление быть надежным и заслуживающим доверия членом группы

## 5. Текстовый корпус

В этом разделе представлен текстовый корпус для изучения человеческих ценностей, стоящих за аргументами<sup>1</sup>. Корпус представляет собой перевод на русский язык единственного существующего англоязычного набора данных из 5220 аргументов и сопоставленных им ценностей [7]. Каждый аргумент состоит из одного утверждения, одного вывода и позиции аргумента по отношению к утверждению («за» или «против»). В табл. 2 приведены примеры аргументов с сопоставленными этим аргументам ценностями.

Таблица 2

Утверждение	Вывод	Позиция	Ценности
Школьная форма лишает детей возможности самовыражения через выбор одежды.	Мы должны отказаться от использования школьной формы.	за	Самостоятельность – Мысли Самостоятельность – Поступки
Наличие ядерного оружия может привести к определенному уровню уважения.	Мы должны бороться за отмену ядерного оружия.	против	Репутация
Либертарианство способствует более справедливому и эффективному обществу для всех.	Мы должны принять либертарианство.	за	Безопасность – Общественная Универсализм – Забота о других

Важным дополнением является тот факт, что создатели корпуса добавили дополнительную категорию к используемым категориям Шварца – «Универсализм: объективность», означающую наличие объективного взгляда и следование логическим рассуждениям. На рис. 2 приведена диаграмма частоты встречаемости ценностей среди аргументов корпуса. Наиболее распространенными ценностями оказались «Забота о других», «Личная безопасность» и «Общественная безопасность». Количество символов в утверждениях в корпусе варьируется от 24 до 766, составляя в среднем 124 символа.

<sup>1</sup> <https://github.com/Blastieq/humanValueDetection>.

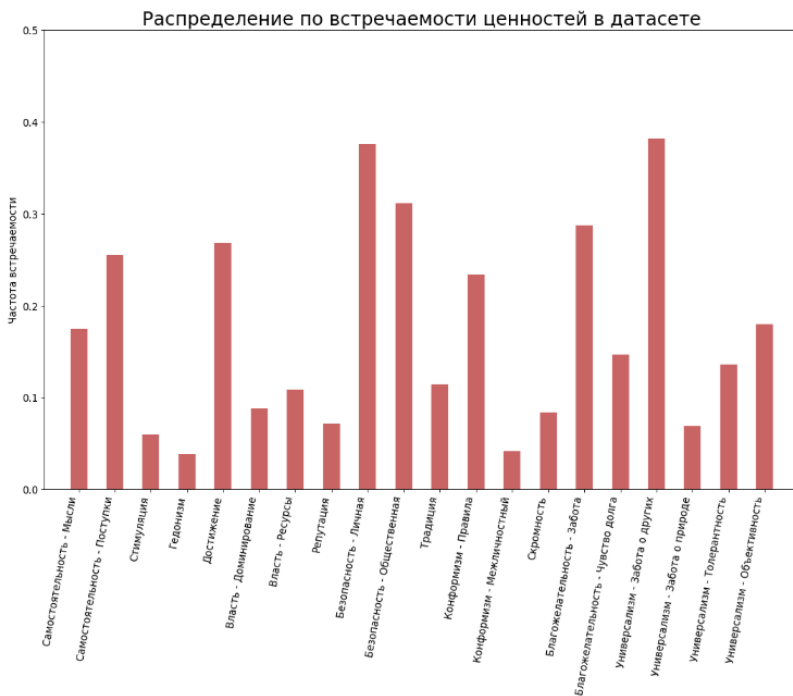


Рис. 1. Распределение человеческих ценностей в корпусе по встречаемости

## 6. Идентификация ценностей, стоящих за аргументами

В этом разделе представлена попытка автоматической идентификации человеческих ценностей в аргументах для русского языка с использованием машинного обучения. Сравняются следующие подходы:

1. подход с формированием TF-IDF матрицы и дальнейшей классификацией при помощи следующих методов машинного обучения: логистической регрессии, метода опорных векторов, метода k ближайших соседей, дерева решений, случайного леса, градиентного бустинга;

2. подход с использованием предобученной Word2Vec модели из библиотеки Naves [9] и дальнейшей классификацией при помощи указанных методов машинного обучения;

3. подход с использованием тонкой настройки предобученных русскоязычных моделей семейства BERT.



Для первых двух подходов исследуются отдельно варианты с лемматизацией текстов на основе библиотеки `rumorphy2` [10] и без лемматизации.

Модели оцениваются по  $F_1$ -мере, считая среднее значение по всем классам (*macro-averaging*). Мера выбрана таким образом, чтобы придать всем ценностям одинаковый вес.

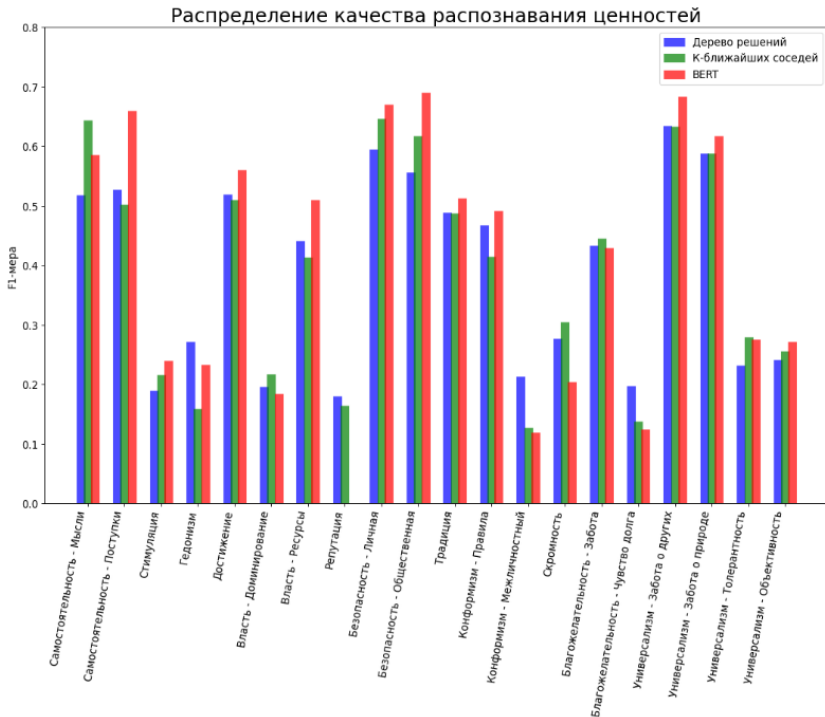
В табл. 3 приведены лучшие результаты для сравниваемых подходов. Максимальный результат показал подход с использованием тонкой настройки предобученной русскоязычной модели RuBERT на основе исходного текста. Примечательно, что по сравнению с предыдущей работой англоязычных коллег [7] ( $F_1=0.34$ ) результат классификации улучшился, однако это может быть связано как с особенностями русского языка, так и с увеличением количества рассматриваемых подходов

Таблица 3

*Результаты классификации аргументов по ценностям*

<b>Используемый подход</b>	<b><math>F_1</math>-мера</b>
Дерево решений для TF-IDF матрицы на основе лемматизированного текста	0.3887
Метод k ближайших соседей для Word2Vec эмбеддингов на основе лемматизированного текста	0.3885
Дообученная за 12 эпох модель Deppavlov/rubert-base-cased на основе исходного текста	0.4034

Также стоит упомянуть тот факт, что за исключением нескольких ценностей прослеживается определенная корреляция между частотой встречаемости ценности в корпусе и качеством идентификации этой ценности, что показано на рис. 3. Это говорит о том, что размер корпуса на текущий момент недостаточно велик, поэтому в первую очередь для дальнейших исследований в этом направлении необходимо решить вопрос с увеличением набора данных.



*Рис. 2.* Результат качества распознавания ценностей на основе лучших из рассмотренных подходов

### Заключение

Задача идентификации человеческих ценностей по текстовым аргументам является сложной, однако решение этой задачи открывает большое количество возможностей, в том числе, позволяет обеспечивать исследования в социальных науках информацией о ценностях с помощью крупномасштабных наборов данных, оценивать аргументацию по масштабу и силе, генерировать или подбирать аргументы, исходя из системы ценностей целевой аудитории, выявлять противоположные и общие ценности с обеих сторон спорной темы.

Данная статья является первой работой, посвященной проблеме идентификации человеческих ценностей в русскоязычных текстовых аргументах. Предоставлен переведенный с английского языка текстовый корпус, размеченный по ценностям, и сделана попытка автоматической идентификации человеческих ценностей для русского языка при

помощи машинного обучения. Рассмотренные подходы показали более высокие результаты, чем в предыдущих работах англоязычных коллег [7], что может быть связано как с методологией, так и с особенностями русского языка.

### **Благодарности**

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-21-00885, <https://rscf.ru/project/22-21-00885/>.

### **Список литературы**

1. Searle, J. R. *Rationality in Action* / MIT Press, 2003.
2. Schwartz, S. H. Are There Universal Aspects in the Structure and Contents of Human Values? / S. Schwartz // *Journal of Social Issues*. – 1994. – Vol. 50. – P. 19–45.
3. Rokeach, M. *The Nature of Human Values* / New York: The Free Press, 1973.
4. Bench-Capon, T. J. M. Persuasion in Practical Argument Using Value-based Argumentation Frameworks / T. J. M. Bench-Capon // *Journal of Logic and Computation* – 2003. – Vol. 13(3). – P. 429–448.
5. Maheshwari, T. A Societal Sentiment Analysis: Predicting the Values and Ethics of Individuals by Analysing Social Media Content / T. Maheshwari, A. N. Reganti, S. Gupta et al. // *Proceedings of the 15th Conference of the European Chapter of the Association for Computational Linguistics (EACL 2017)*. – Valencia, 2017. – P. 731–741.
6. Schwartz, S. H. Refining the theory of basic individual values / S. H. Schwartz, J. Cieciuch, M. Vecchione et al. // *Journal of personality and social psychology*. – 2012. – Vol. 4. – P. 663–688.
7. Kiesel, J. Identifying the Human Values behind Arguments / J. Kiesel, M. Alshomary, N. Handke et al. // *Proceedings of the 60th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics – Dublin, 2022*. – P. 4459–4471.
8. Шварц, Ш. Уточненная теория базовых индивидуальных ценностей: применение в России / Ш. Шварц, Т. П. Бутенко // *Психология. Журнал Высшей школы экономики*. – 2012. – № 1. – С. 43-70.
9. Navec: компактные эмбединги для русского языка [Электронный ресурс]: база данных. – Режим доступа: <https://natasha.github.io/navec>.
10. Korobov, M. Morphological Analyzer and Generator for Russian and Ukrainian Languages / M. Korobov // *Proceedings of the 4th International Conference “Analysis of Images, Social Networks and Texts” (AIST 2015)*. – Yekaterinburg, 2015. – P. 320–332.

## Структурный паттерн онтологического проектирования на основе трехмерной классификации

С. И. Маторин<sup>1</sup>, e-mail: matorin@bsu.edu.ru

С. В. Гуль<sup>2</sup>, e-mail: medintseva@bsu.edu.ru

<sup>1</sup> АО «СофтКоннект»

<sup>2</sup> Национальный исследовательский университет «Белгородский государственный университет»

**Аннотация.** *В работе рассматриваются проблемы онтологического инжиниринга и недостатки разработки и эксплуатации современных онтологий. Описан оригинальный способ построения трехмерной концептуальной классификационной модели, позволяющий устранить некоторые недостатки. Предлагаемый способ основан на системно-объектном подходе, использующим идеи многомерного классифицирования и естественной классификации. Приведен пример трехмерного классифицирования в области чрезвычайных ситуаций. Намечены пути дальнейшего исследования и использования трехмерной классификации как структурного паттерна онтологического моделирования.*

**Ключевые слова:** *онтологический инжиниринг, системно-объектный подход, трехмерная концептуальная классификационная модель, структурный паттерн онтологического проектирования.*

### Введение

Обзор литературы по искусственному интеллекту показывает, что одной из важнейших проблем, решаемых в рамках данного научно-практического направления, является проблема представления знаний в компьютерных (информационных) системах [1]. В настоящее время разработаны десятки способов представления знаний, однако, до конца решить задачу обеспечения осмысленной обработки представляемых знаний и их однозначной интерпретации программными системами, пока, не удалось. При этом набирает все большую популярность способ представления знаний в виде онтологии, который по мнению многих ученых, обладает большими возможностями для решения упомянутой задачи [2]. Системы, в которых знания представлены в виде онтологий в настоящее время широко распространены и используются во многих отраслях науки и практики в рамках онтологического инжиниринга.

По сути дела, любая онтология некоторой предметной области (ПрО) представляет собой концептуальную классификационную модель (ККМ) этой ПрО. При этом под концептуализацией понимается представление предметной области через описание множества понятий (концептов) предметной области и связей между ними [3]. Например, в работе [4] утверждается, что вполне естественно отождествлять концептуальные модели ПрО с онтологиями. В работе [5] подчеркивается, что «онтология ПрО – это концептуальная модель реального мира и ее понятия должны отражать эту реальность». При этом уточняется, что «вершиной онтографа должно быть родовое понятие, которое не имеет надкласса, а нижний уровень представляют собой конкретные понятия, т. е. понятия, не имеющие видовых понятий в заданной ПрО» [5]. Автор работы [6] однозначно считает, что создание системы классификации понятий является приоритетной задачей при построении онтологий для слабо формализуемых предметных областей.

Несмотря на упомянутую выше перспективность онтологических моделей, они также не лишены недостатков, касающихся их разработки и эксплуатации. В специальной литературе приводятся, например, следующие:

1. Разработка онтологий ПрО является сложным и трудоемким процессом [7-9].

2. Не существует очевидного способа классификации понятий реального мира и выделения базисных понятий. А также не существует объективных способов оценки создаваемой онтологии [6].

3. Недостаточно проработаны вопросы ограничения предметной области для онтологии; построения определений терминов, отвечающее задачам онтологии; определения объема и содержания контекста, необходимого для понимания выделенного термина (понятия); наращивания онтологии при расширении предметной области без кардинальной её перестройки [10].

4. «Методологии структурного анализа и различные технологии инженерии знаний в общем случае не предлагают систематической процедуры или формализма, позволяющего «вывести» структуру понятий и отношений ПрО из доступных о ней данных» [11].

5. Пренебрежение закономерностями системного анализа снижает качество онтологических моделей [12].

Следствием упомянутых недостатков онтологического моделирования является слабая связь между потребностями предприятий и организаций и существующими технологиями онтологического инжиниринга. В следствии чего растущий интерес к

вопросам инженерии знаний тормозится сложностью разработки практически-направленных онтологий [13].

Таким образом, сложившаяся в настоящее время ситуация с онтологическим моделированием свидетельствует об актуальности разработки способа построения ККМ ПрО, как основы онтологии, с использованием системного подхода. При этом авторы считают, что из всех разновидностей системного подхода наиболее перспективным является системно-объектный подход [14].

### **7. Трехмерная ККМ**

Для построения ККМ ПрО авторы предлагают использовать идеи многомерного классифицирования [15] и естественной классификации [16] усовершенствованные с помощью системно-объектного подхода.

В рамках системно-объектного подхода, система рассматривается как триединая конструкция «Узел-Функция-Объект» [14], где:

- узел — структурный элемент надсистемы в виде перекрестка связей данной системы с другими системами, который представляет собой функциональный запрос надсистемы на систему с определенной функцией (внешнюю детерминанту);

- функция — динамический (функциональный) элемент надсистемы, выполняющий определенную роль с точки зрения поддержания надсистемы путем балансирования связей данного узла (внутренняя детерминанта, т.е. то что определяет внутреннюю структуру и субстанцию системы);

- объект — субстанциальный элемент надсистемы, реализующего данную функцию в виде некоторого материального образования, обладающего конструктивными, эксплуатационными и т. д. характеристиками (результат адаптации исходного материала).

Подход «Узел — Функция — Объект» (УФО-подход) позволяет рассматривать любую систему или предметную область как совокупность взаимодействующих элементов «Узел-Функция-Объект» (УФО-элементов), так как любое явление действительности представляет собой структурную часть еще более целого (взаимодействует с другими явлениями); функционирует определенным образом и при этом является каким-то объектом. Отдельные аспекты такого представления системы могут быть проинтерпретированы, например, как показано ниже в табл. 1.

*Интерпретация элементов «Узел-Функция-Объект»*

<b>Узел</b>	Внешняя детерминанта	Причина	Потребность	Требования (Задание)	Интенция
<b>Функция</b>	Внутренняя детерминанта	Становление/ формирование/ адаптация	Возможность	Проектирование	Потенция
<b>Объект</b>	Результат	Следствие	Деятельность	Реализация	Экстенция

Важным обстоятельством, в данном случае, является очевидная ортогональность трех аспектов УФО-подхода, так как они обладают свойствами непересекаемости и неперекрываемости содержимого элементов, образующих целостную систему [<https://kartaslov.ru/>]. При этом в идее многомерного классифицирования как раз и заложена ортогональность классификационных признаков [15]. Однако, в последней работе предполагается, что эти признаки располагаются по осям координат. В нашем же случае будут использоваться три ортогональные плоскости, в каждой из которых расположена классификация одной и той же предметной области по признаку, соответствующему одному из аспектов УФО-подхода. А (Причина) - по видам функционального запроса (внешней детерминанты). В (Становление) - по видам осуществляемых процессов (внутренняя детерминанта). С (Следствие) - по видам полученных результатов.

Ниже в таблице 2 приведены примеры ортогональных плоскостей классифицирования для некоторых предметных областей.

Каждая классификация в плоскости классифицирования обладает следующими особенностями, соответствующими идее построения классификаций с признаками естественности [16]. Во-первых, классификация иерархическая, т.е. представляет собой граф типа дерево. Во-вторых, граф классификации имеет одну вершину. При этом данная вершина у всех трех классификаций общая, так как осуществляется классифицирование одной и тоже ПрО по трем различным (ортогональным) основаниям. В-третьих, граф классификации состоит из двух частей: классификации объектов (понятий о классах объектов) и классификации свойств этих объектов (понятий о классах свойств этих объектов), которые представляют собой видовые отличия в определении понятий об объектах. Эти две классификации изоморфны друг другу, что определяет параметричность

классификации в целом [16]. В-четвертых, классы в классификации представляют собой системы (системы-классы [14]) и отношения между ними не формальные, а содержательный, системные. Это обусловлено тем, что в классификации свойств объектов класс свойств видового объекта (понятия, системы-класса) является видом класса свойств родового объекта (понятия, надсистемы-класса), т.е. свойства вида являются поддерживающими для свойств рода.

Таблица 2

*Примеры ортогональных плоскостей классифицирования*

	<b>Плоскость классифицирования</b>		<b>Чрезвычайная ситуация</b>	<b>Право-нарушения</b>	<b>Медицинская диагностика</b>
<b>У</b>	<b>А</b>	Причина	Отрицательное влияние	Мотив	Жизненные обстоятельства
<b>Ф</b>	<b>В</b>	Становление / адаптация	События / что происходит / принимаемые меры	Следственные действия / алиби	Течение заболевания / лечение
<b>О</b>	<b>С</b>	Следствие	Что нарушено	Пострадавшие / доказательства	Диагноз

Без привязки к конкретным предметным областям разрабатываемая графовая структура ККМ выглядит как показано на рисунке 1. На данном рисунке А, В и С – плоскости классифицирования, в каждой из которых размещена одна иерархическая классификация с одной вершиной: по видам функционального запроса, причин (А), по видам осуществляемых процессов, становления и адаптации (В) и по видам получаемых результатов, следствий (С). Они, естественно, могут отличаться по своей структуре. Закрашенный треугольник в центре пересечения осей – общий для трех классификаций самый абстрактный класс в моделируемой предметной области, не имеющий родового понятия (надкласса). Закрашенные кружки – классы объектов предметной области (системы-классы), не закрашенные кружки – классы свойств этих объектов (свойства-классы). Как видно из рисунка, граф классификации свойств объектов изоморфен графу классификации объектов. Закрашенный кубик – явление (система-явление), которое классифицируется как система, которая соотносится с определенным классом функционального запроса (внешней детерминанты), с определенным классом процессов (внутренней детерминанты) и с определенным классом результатов (объектных характеристик). При



этом данное соотнесение (классифицирование) конкретного явления обусловлено соответствующим соотнесением свойств явления (не закрашенный кубик) с классами свойств в трех плоскостях.

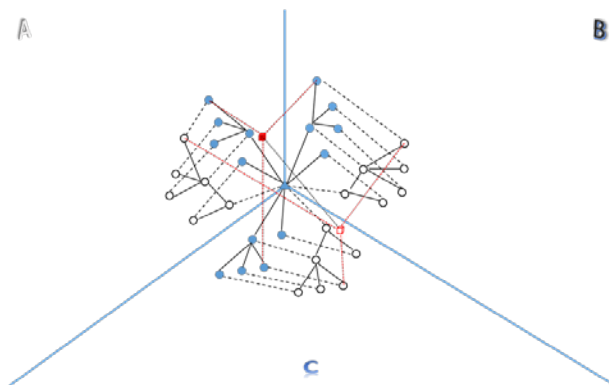


Рис. 1. Трехмерная системно-объектная ККМ

Применение системно-объектного подхода для построения ККМ произвольной ПрО может быть осуществлено с помощью трех последовательных этапов анализа ПрО [17]: терминологического; концептуального и классификационного. В ходе их реализации на первом этапе выявляется совокупность терминов, обозначающих объекты и процессы данной ПрО, анализируется полнота и связность системы понятий, соответствующей исходной совокупности терминов, устраняются пересечения и пробелы в рассматриваемой системе понятий, т.е. подготавливается исходный материал для построения ККМ. На втором этапе определяется роль данной ПрО в более широкой ПрО и функциональные свойства систем данной ПрО, обеспечивается функциональность рассматриваемой системы понятий и ее связность путем установления иерархических родовидовых системных отношений между понятиями данной ПрО. На третьем этапе обеспечивается соответствие родовидовых отношений между понятиями данной ПрО родовидовым отношениям между их видовыми отличиями в выбранной плоскости классифицирования и строится иерархическая классификация систем изоморфная классификации их свойств, т.е. обеспечивается параметричность классификационной схемы.

Классификация в каждой плоскости может быть структурно описана средствами дескрипционной логики SHOIQ, расширяющей логику ALCOIQ, принадлежащую семейству логик ALC. Последнее

обстоятельство позволяет описать рассматриваемую ККМ средствами языка OWL, преобразовывая, таким образом, ее в онтологию.

Ниже представлен пример содержательного наполнения представленной выше структуры ККМ на категориальном уровне для ПрО «Чрезвычайная ситуация» (рисунки 2, 3 и 4).

В настоящее время в рамках онтологического инжиниринга интенсивно развивается подход, позволяющий для облегчения создания онтологий применять так называемые паттерны онтологического проектирования (Ontology Design Patterns или ODP) [7-9]. В зависимости от проблем, для решения которых предназначены паттерны онтологического проектирования, различают структурные паттерны, паттерны соответствия, паттерны содержания, паттерны логического вывода, паттерны представления и лексико-синтаксические паттерны. Структурные паттерны либо фиксируют способы решения проблем, вызванных ограничениями выразительных возможностей языков описания онтологий, либо задают общую структуру и вид онтологии. Паттерны второго типа – архитектурные паттерны (Architectural ODP) – содержат предложения по организации онтологии в целом, включая, например, такие структуры, как таксономия и модульная архитектура.

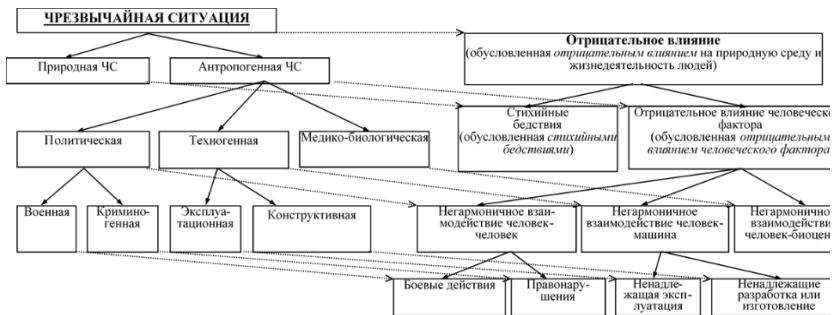


Рис. 2. Классификация ЧС по видам внешней детерминанты (причины)

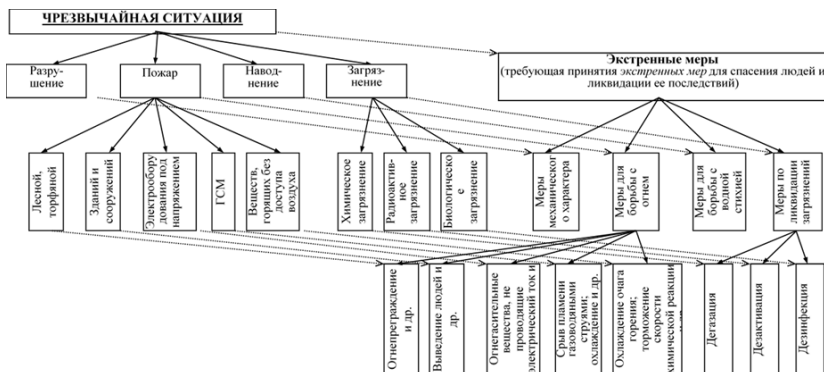


Рис. 3. Классификация ЧС по видам внутренней детерминанты (осуществляемый процесс, становление)

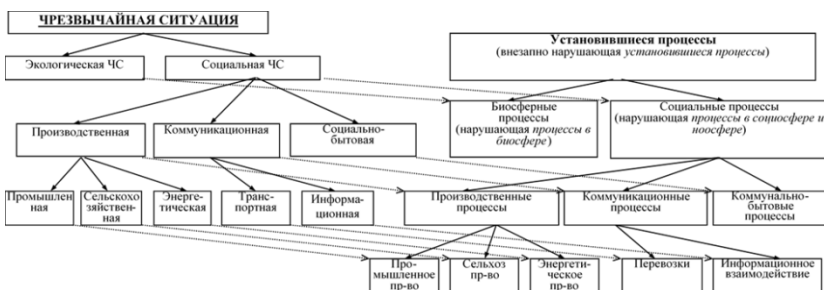


Рис. 4. Классификация ЧС по видам полученных результатов (следствия)

Таким образом, предложенная структура ККМ, по сути дела, представляет собой структурный паттерн онтологического проектирования, основанный на трехмерной классификации, использующей закономерности системно-объектного подхода.

### Заключение

Разработан способ построения трехмерной концептуальной классификационной модели. Данный способ основан, во-первых, на представлении системы в виде Узла, Функции и Объекта и, во-вторых, на учете того факта, что классы объектов, отражающиеся в понятиях, являются системами (системами-классами).

Предложенный способ построения ККМ как основы онтологии позволяет снизить влияние некоторых проблем, возникающих на этапе их разработки.

1. Значительно упрощает процедуру построения онтологии как структурный паттерн онтологического проектирования.

2. Определяет конкретный способ классификации понятий ПрО за счет того факта, что классифицирование осуществляется по содержательным основаниям с соблюдением системных отношений между классами.

3. Способствует решению вопросов ограничения ПрО для онтологии и построения определений терминов, отвечающее задачам онтологии, так как обеспечивает выбор конкретного содержания в моделируемой ПрО, соответствующего упомянутым выше основаниям и отношениям.

4. Предлагают систематическую процедуру, позволяющую «вывести» структуру понятий и отношений ПрО из доступных о ней данных, в отличие от средств структурного анализа.

5. Использует закономерности системного анализа, так как классификация в каждой плоскости соответствует таксономии, разрабатываемой на начальном этапе системно-объектного детерминантного анализа.

Дальнейшие исследования авторов будут направлены на формализацию на языке OWL трехмерной графовой структуры с целью автоматизации процедуры онтологического моделирования.

#### **Список литературы**

1. Маторин, С.И. Отечественная учебная литература по искусственному интеллекту // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2021. – №3. – С. 106-113.

2. Верховурова, Ю.С. Онтология как модель представления знаний // Вестник бурятского государственного университета. – 2012. – № 15. – С. 32-36.

3. Кравченко, Ю.А. Метод создания онтологии предметной области на основе глоссария / Ю.А. Кравченко, А.А. Новиков, В.В. Марков // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2015. – №6(167). – С.158-168.

4. Смирнов, С.В. Онтологическое моделирование в ситуационном управлении // “Онтология проектирования” научный журнал. – 2012. – № 2. – С. 16-24.

5. Бова, В.В. Компьютерная онтология: задачи и методология построения / В. В. Бова [и др.] // Информатика, вычислительная техника и инженерное образование. – 2014. – № 4 (19).

6. Волкова, Г.А. Создание "Онтологии всего". Проблемы классификации и решения // Новые информационные технологии в автоматизированных системах. – 2013. – № 16. – С. 293-300.

7. Загорулько, Ю.А. Применение паттернов онтологического проектирования при разработке онтологий научных предметных областей / Ю.А. Загорулько, О.И. Боровикова, Г.Б. Загорулько // Труды XIX Международной конференции «Аналитика и управление данными в областях с интенсивным использованием данных» (DAMDID/RCDL'2017). – Москва, 2017.

8. Gangemi, A. Ontology Design Patterns for Semantic Web Content. In: Gil, Y., Motta, E., Benjamins, V.R., Musen, M.A. (eds) // The Semantic Web. – Springer: Berlin, Heidelberg. – ISWC 2005. – LNCS, 3729. – pp. 262-276.

9. Hitzler, P. Ontology Engineering with Ontology Design Patterns: Foundations and Applications. Studies on the Semantic Web / Hitzler, P., Gangemi, A., Janowicz, K., Krisnadhi, A., Presutti, V. (eds). // IOS Press/AKA. – 2016.

10. Болотова, Л.С. Проектирование онтологий на основе модели предметной области / Л.С. Болотова, В.А. Старых // Информатизация образования и науки. – 2011. – № 1(9). – С. 88-105.

11. Смирнов, С.В. Онтологический анализ предметных областей моделирования // Известия Самарского научного центра РАН. – 2001. – Т.3. – №1. – С. 62-70.

12. Микони, С.В. О качестве онтологических моделей // Онтология проектирования. – 2017. – Т. 7, №3(25). – С. 347-360.

13. Лещева, И.А. Метод автоматизированного наполнения баз знаний онтологического типа // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – 2022.

14. Теория систем и системный анализ: учебник / А.Г. Жихарев, О.А. Зимовец, М.Ф. Тубольцев, А.А. Кондратенко; под ред. С.И. Маторина. – Москва: КНОРУС, 2021. – 456 с.

15. Карпов, В.Э. К вопросу о принципах классификации систем / В.Э. Карпов, И.П. Карпова // Информационные технологии. – 2002. – №2. – С. 35–38.

16. Бондаренко, М.Ф. Системологические методы концептуального моделирования слабоструктурированных проблемных областей на основе естественной классификации / М.Ф. Бондаренко [и др.] // Проблемы бионики. – 1999. – № 51. – С. 36-41.

17. Маторин, С.И. Проблемы концептуального классификационного моделирования / С.И. Маторин, С.В. Гуль // Материалы IX международной конференции «Информационно-аналитические системы и технологии» (Белгород, 14-18 марта 2021 г.). – Белгород: Издательство БУКЭП. – 2022. – С. 49-57.

## **Закономерности роста словаря в 1-11 томах «Полного собрания сочинений» В. И. Ленина**

В. А. Оганисян, email: lera.oganisyan@mail.ru

А. А. Кретов, email: kretov@rgph.vsu.ru

Воронежский государственный университет

**Аннотация.** *В данной статье исследуются закономерности роста словаря В. И. Ленина. Цель исследования – определить предельный объём активной лексики В. И. Ленина на основе корпуса, состоящего из 1-11 томов «Полного собрания сочинений» (1893-1905).*

**Ключевые слова:** *коэффициент лексического разнообразия, лемматизированный частотный словарь, предельный размер словаря, язык В. И. Ленина.*

### **Введение**

Использование новых информационных технологий в лингвистических исследованиях является знамением нашего времени. Они особенно эффективны в обработке больших массивов данных, таких как авторский корпус текстов, в котором представлены работы только одного автора. Количественный анализ текстов конкретного человека даёт возможность охарактеризовать его идиолект – индивидуальный вариант общенародного языка, находящий отражение во всем множестве текстов, порождённых индивидом. Чем больше корпус текстов, представляющих данный идиолект, тем полнее и богаче информация о зависимости между размером корпуса и богатством словаря индивида. В связи с этим, «Полное собрание сочинений» В. И. Ленина (т. 1-55, 5 изд., М., 1960-65; далее ПСС-5) даёт едва ли не уникальную возможность исследовать эту закономерность.

В работе использован метод моделирования и прогнозирования роста словаря индивида, предложенный в статьях А. А. Кретова, И. П. Половинкина и их соавторов [1-6].

Цель исследования – оценить влияние размера корпуса текстов на результаты прогнозирования роста словаря индивида – на материале ПСС-5 В. И. Ленина. При этом исследуется только русский словарь Ленина – слова, написанные кириллицей.

Исследование проводится в пять шагов, на каждом из которых осуществляется прирост корпуса на примерно равную часть, сопровождаемый определением максимального размера активного

словаря В. И. Ленина. На первом шаге исследуется корпус из 1-11 томов, на втором 1-22, на третьем 1-33, на четвёртом 1-44, на пятом 1-55. Такой подход позволит проследить влияние размера корпуса текстов на максимальный объём активной лексики В. И. Ленина. Данный доклад содержит описание первого шага исследования

### **История вопроса**

Ранее реальный размер активного словаря Ленина по ППС-5 был определён в 37500 словопо алфавитно-частотному словоуказателю к «Полному собранию сочинений» В. И. Ленина[7]. Составление «Словаря языка В.И. Ленина» началось в 1972 году в Институте русского языка АН СССР.К моменту распада СССР по материалам картотеки словаря (около 2,3 млн. карточек-цитат)были опубликованы различные статьи [8, 9, 10], 3 докторские диссертации, более 10 кандидатских, «Фразеологический словарь языка В. И. Ленина» [11], подготовлен, но не издан первый том «Словаря языка В. И. Ленина»(буквы А-В, более 6 тыс. словарных статей, рукопись)из предполагавшихся пяти[12].

Попыток определить размер *предельного* (при котором прирост словаря пренебрежимо мал) активного словаря Ленина, насколько нам известно, не предпринималось.

### **6. Реальный и предельный размер словаря**

Для определения реального и предельного словаря В. И. Ленина на первом шаге исследования взяты первые одиннадцать томов «Полного собрания сочинений» общей длиной 962.436 словоупотреблений.

В ходе исследования 11 томов было выполнено 10 последовательных шагов, позволяющих осуществить наращивание корпуса посредством конкатенации текста для получения его длины (в словоупотреблениях) и определения приростареального размера словаря (в *леммах* – словарных формах, представляющих всю парадигму слова в словаре).

*Лемматизация* (приведение текстовых слов к лемме) осуществлялась с помощью морфологического анализатора русского языка MyStem, разработанного Ильей Сегаловичем в компании "Яндекс" и размещённого в свободном доступе. Благодаря этому появилась возможность превратить частотный словарь словоформ в частотный словарь лемм и получить необходимые для вычисления данные. При исследовании прироста новых слов по мере увеличения корпуса были использованы возможности электронных таблиц MS-Excel, в которых производились расчёты и строились графики.

Важной характеристикой, позволяющей отследить прирост новых слов по мере наращивания метакниги (корпуса текстов), является "коэффициент лексического разнообразия" (КЛР, англ. lexical diversity, LD). Он представляет собой количественную характеристику текста, отражающую степень богатства словаря при построении текста заданной длины. В основе данного показателя лежит отношение количества лемм к количеству их употреблений в тексте.

Для получения реального и предельного размера словаря В.И. Ленина необходимы суммарные (кумулятивные) значения размера метакниги и словаря. Эти данные приведены в таблице.

Таблица

*Прирост новых слов и покрываемого ими текста*

Том	Год	Длина текста $\Delta M$	Кол-во слов $\Delta N$	КЛР	Кум. длина текстов M	Кум. размер словаря N	КумК ЛР $Y_{TTR}$
T01	1893-1894	108604	7092	0,0653	108604	7090	0,0653
T02	1895-1897	104156	7435	0,0714	212760	10124	0,0476
T03	1896-1900	104507	6499	0,0622	317267	12057	0,0380
T04	1898 - 1901 апр.	96831	7177	0,0741	414098	13716	0,0331
T05	1901 май - 1901 дек.	78779	7392	0,0938	492877	15307	0,0311
T06	1902 янв. - 1902 авг.	87138	7031	0,0807	580015	16455	0,0284
T07	1902 сент. - 1903 сент.	67412	6358	0,0943	647427	17260	0,0267
T08	1903 сент. - 1904 сент.	91709	6419	0,0700	739136	18171	0,0246



## Окончание таблицы

Том	Год	Длина текста $\Delta M$	Кол-во слов $\Delta N$	КЛР	Кум. длина текстов M	Кум. размер словаря N	КумКЛР $Y_{TTR}$
T09	1904 июль - 1905 март	73290	6651	0,0907	812426	18996	0,0234
T10	1905 март - 1905 июнь	66348	6001	0,0904	878774	19560	0,0223
T11	1905 июль - 1905 окт.	83662	6516	0,0779	962436	20191	0,0210

В табл. 1: N – текущее значение размера словаря;  $\Delta N$  – приращение словаря, то есть количество новых уникальных слов при добавлении новых текстов в корпус; M – текущее значение размера корпуса;  $\Delta M$  – приращение размера корпуса, то есть количество словоупотреблений в добавляемом в корпус тексте;  $Y_{TTR}$  – текущее значение КЛР.

### 7. Результаты исследования

Нашей задачей является определение *предельного* (при котором прирост словаря пренебрежимо мал) объёма Достижение предельного размера словаря активной лексики В. И. Ленина. достигается при приращении словаря близком к нулю [3], когда КЛР в процессе увеличения корпуса стремится к нулю, но не принимает нулевого значения, поскольку размер словаря – величина положительная.

Для исследования используется линия тренда – логарифмическая зависимость. (рис. 1) Логарифмические и постоянные функции выбираются в качестве базисных, а функцию зависимости КЛР от объема текста ищутся в виде линейной комбинации базисных функций. При этом значение суммарной длины текста можно считать соответствующим предельному размеру словаря. Полученную функцию тренда приравняем нулю и решаем полученное нами уравнение.

$$-0,02 \ln M + 0,2893 = 0$$

Пусть  $M_0$  – корень этого уравнения.

$$\ln M_0 = 14,465$$

$$M_0 = e^{14,465} = 1914563$$

Таким образом, размер текста корпуса, при котором достигается предельный размер словаря В. И. Ленина, составляет 1914 563 слова. Это приближенное значение.

Для того, чтобы найти предельный объем активной лексики, мы используем тот же метод (рис. 2). Выбираем в качестве линии тренда логарифмическую зависимость и приравняем полученное уравнение к нулю.

$$-0,041 \ln N + 0,4241 = 0$$

Пусть  $N_0$  – корень данного уравнения.

$$\ln N_0 = 10,3439$$

$$N_0 = e^{10,3439} = 31067$$

Итак, оценка предельного словаря В. И. Ленина «прогнозно» составляет 31 067 слов.

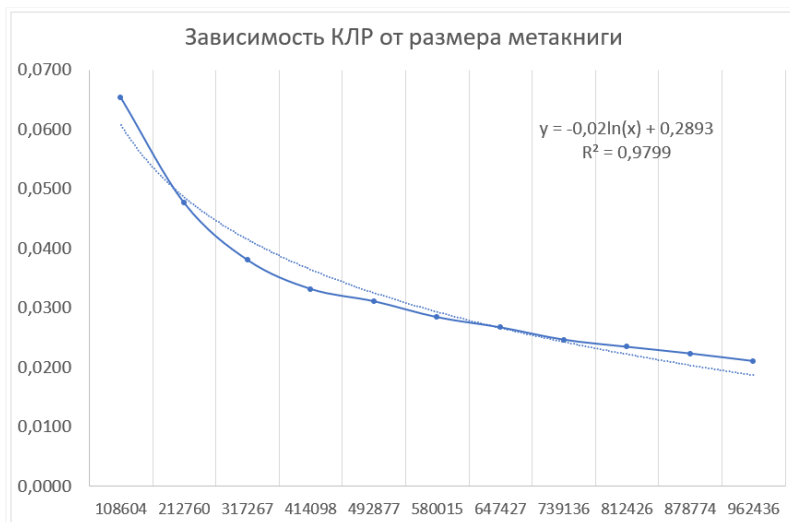


Рис. 1. Динамика КЛР в корпусе работ В. И. Ленина при присоединении к корпусу новых томов

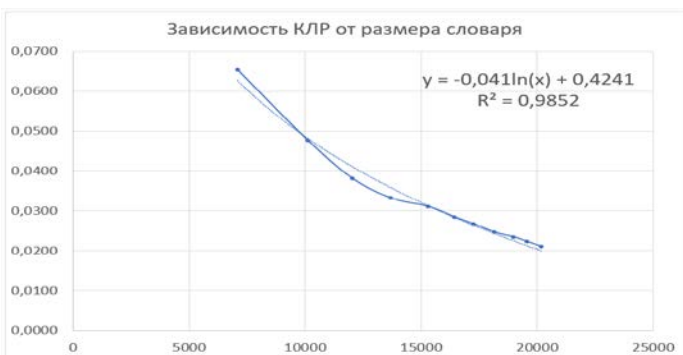


Рис. 2. Зависимость КЛР от размера словаря В. И. Ленина

Необходимо провести проверку полученных результатов, чтобы удостовериться в их правильности. Для проверки прогноза используется вариант закона Ципфа.

$$N = AM^\beta,$$

где  $NN$  – размер словаря,  $M$  – размер текста. По данным табл. устанавливается степенная зависимость вида:

$$N = 18.012M^{0,482}$$

В эту формулу подставляем  $M_0 \approx e^{14,465} \approx 1914563$  и получаем 28 795 слов – новую оценку предельного размера словаря В. И. Ленина. Данное значение отличается от того, которое мы получили ранее при использовании КЛР.

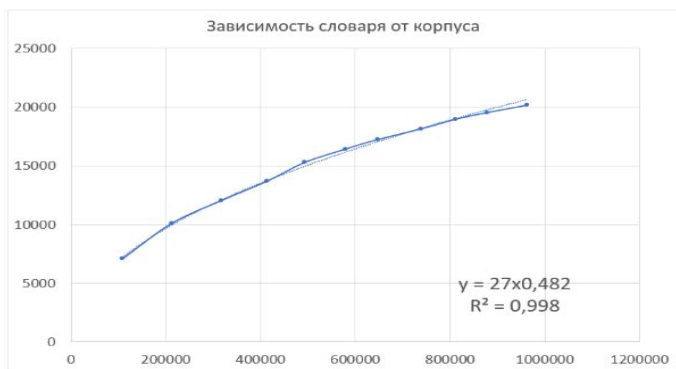


Рис. 3. Зависимость размера словаря от размера корпуса текстов В. И. Ленина

Абсолютная погрешность равна разности полученных значений предельного словаря.

$$31067 - 28795 = 2272$$

Посмотрим, чему равна относительная погрешность.

$$\frac{31067 - 28795}{31067} \times 100\% \approx 7,3\%$$

Данный результат вполне приемлем.

### **Заключение**

В ходе исследования определён предельный размер словаря В. И. Ленина на основе корпуса текстов 1-11 томов «Полного собрания сочинений» (1893-1905). Он находится в интервале 28.795-31.067, т.е.  $29.931 \pm 1.136$  слов, округлённо –  $30.000 \pm 1.000$  слов. Длина текста, при которой достигается предельный размер словаря, равна 1 914 563 словоупотреблениям.

### **Благодарности**

Авторы приносят благодарность Игорю Петровичу Половинкину за консультации по математическим вопросам исследования.

### **Список литературы**

1. Кретов, А. А. Возможный алгоритм вычисления предельного размера словаря писателя / А. А. Кретов, М. В. Ломец, И. П. Половинкин, // Вестник ВГУ. Серия: Системный анализ и информационные технологии, 2021, 133-145.
2. Кретов А.А., Половинкина М.В., Половинкин И.П., Ломец М.В. О моделировании изменений языка. / Современные методы теории функций и смежные проблемы, 2021, 173-174.
3. Кретов А.А., Половинкина М.В., Половинкин И.П., Ломец М.В. О некоторых количественных характеристиках фрактальности в языке. / Информатика: проблемы, методы, технологии, 2020, 1627-1634.
4. Кретов А.А., Половинкин И.П., Ломец М.В. Абсолютное и относительное «богатство словаря» на примере произведений Л.Н. Толстого. / Математика и междисциплинарные исследования – 2020, 200-203.
5. Кретов А.А. и др. Лексическое богатство словаря В.В. Набокова / А.А. Кретов, И.П. Половинкин, Н.А. Касымова, М.В. Половинкина // Электронный научный журнал «Квантитативная филология», Смоленск: Смоленский Центр квантитативной филологии, 2021, № 1, С. 39-48. DOI 10.35785/0000-0000-2021-1-39-48.
6. Кретов А.А. и др. О предельном размере словаря и фрактальной размерности метакниги М.Е. Салтыкова-Щедрина

/ А.А. Кретов, М.В. Половинкина, И.П. Половинкин, Н.А. Касимова // Информатика: проблемы, методы, технологии: сборник материалов XXII международной научно-методической конференции / под редакцией Д.Н. Борисова; Воронеж, Воронежский государственный университет, 10-12 февраля 2022 г. – Воронеж : «ВЭЛБОРН», 2022. – С. 1146-1154.

7. Словарь языка В. И. Ленина : [В 2 т.] / АН СССР, Ин-т рус. яз. ; Отв. ред. П. Н. Денисов. - М. : Наука, 1987. - 22 см.[Ч. 1]: А - Одолжение. - Москва : Наука. - 592 с.[Ч. 1]: А - Одолжение. - Москва : Наука. - 592 с. [Ч. 2]: Одряхлеть - Ящикек. - Москва : Наука. - С. 595-1189.

8. Филин Ф. П. О словаре языка В.И. Ленина. // Вопросы языкознания, 1974, № 6, С. 3-10.

9. Даниленко В.П. и др. Словарь языка В.И. Ленина / В.П. Даниленко, В.Н. Хохлачева // Русская речь, 1975. № 2, 3-10.

10. Денисов П.Н. Богатство языка В.И. Ленина / П.Н. Денисов // Русская речь, 1983. № 2, 3-10.

11. Байрамова Л.К. Фразеологический словарь языка В.И. Ленина / Л.К. Байрамова, П.Н. Денисов – Казань: Казанский университет [КазГУ], 1991. - 349 с.

12. Петерс, Я. Как создавался «Словарь языка В.И. Ленина» // Regla, 2007, № 39; см. [Как создавался «Словарь языка В.И. Ленина» | Статьи | Главная | Научно-культурологический журнал (relga.ru)].

# Формализация Словаря Академии Российской

Е. Н. Подтележникова, email: podtelezhnikova@yandex.ru

Воронежский государственный университет

**Аннотация.** *В данной работе описано создание базы данных Словаря Академии Российской в рамках проведения исследования по сопоставительной лексикографии русского языка. Особенности словаря – старорусская орфография, ориентация на словопроизводство – требуют применения специальных средств формализации.*

**Ключевые слова:** *сопоставительная лексикография, параметрический анализ, Словарь Академии Российской, формализация словаря, Python.*

## Введение

В лингвистических исследованиях словарь играет огромную роль, являясь важным компонентом изучения как отдельных элементов языка, так и всей лексико-семантической системы в целом. Однако нельзя отрицать, что словарь представляет собой субъективное отражение объективной лингвистической реальности [1-2]. Степень адекватности словарного описания зависит от таких факторов, как время, пространство, размер словаря, его тип и концепция авторов.

Значимость параметрического анализа лексики для сопоставительной лексикографии состоит в учёте временного фактора, так называемого мнимого «устаревания» словаря. Методы глоттохронологии и лексикостатистики, разработанные М. Сводешом и уточненные С.А. Старостиным, свидетельствуют о том, что скорость изменения лексического ядра языка составляет 5-6 слов за тысячу лет и, соответственно, одно слово в двести лет [3-4]. Это говорит о высокой стабильности и устойчивости ядра лексической системы и подтверждает целесообразность использования результатов параметрического анализа в сопоставительной лексикографии.

## 1. Принципы параметрического анализа

Квантитативная лексикология Титова В.Т. [5] послужила основой для создания нового направления - лексической нуклеологии, которая «разрешает противоречие между потенциальной безграничностью лексики и реальной необходимостью её ограничения при типологосопоставительном исследовании лексики языков обращением к

параметрическому ядру лексики (большому или малому)» [6]. Выделение ядра предполагает определение параметрического веса лексемы словаря по следующим параметрам: «употребительность, косвенно оцениваемая по длине слова; синтагматика - богатство сочетаемости; парадигматика - богатство синонимии; эпидигматика - многозначность. Слова попадают в ядро не случайным образом, а в соответствии с высокими показателями представленности того или иного параметра на фоне всех остальных единиц словаря» [6].

Совокупность показателей формируют вес лексемы и высчитываются по формуле на всем объеме словаря. Параметрические характеристики позволяют распределить слова в словаре-источнике в интервале от 1 до 0. Дальнейшая сортировка слов по суммарному параметрическому весу в порядке его убывания позволяет получить ядро лексико-семантической системы данного языка. При этом определяется доминанта словаря - слово, набравшее максимальный параметрический вес (по сумме четырёх параметров).

## **2. Словарь Академии Российской**

Сопоставительное лексикографическое исследование русского языка началось с учета временного фактора через сравнение современных словарей русского языка и Словаря Академии Российской (САР). Параметрический анализ "Словаря русского языка в 4-х томах" под редакцией А.П. Евгеньевой уже проведен [7]. В данной статье описан первый, самый трудоёмкий этап параметрического анализа САР – создание базы данных.

Словарь Академии Российской (1789 г.) представляет собой первый академический толковый словарь русского языка, содержит 43357 слов. Именно с него началось формирование литературных норм современного русского языка. Инновационный характер словаря проявляется в формировании словника, структуре словаря в целом и отдельной словарной статьи, основной концепции – ориентирование на словопроизводство. Значимость САР состоит в том, что дальнейшее развитие русской академической лексикографии шло с учетом опыта его создания.

## **3. Особенности создания базы данных САР**

Основная проблема при распознавании САР состоит в достаточно плохом качестве печати и результатов сканирования. Традиционно лучший результат показывает программа FineReader, с помощью которой все документы сканируются и форматируются в электронный формат максимально быстро.

После распознавания программа выдала читаемый для человека, но не для других программ текст. Огромное количество цифр вместо букв, буквы разного регистра и начертания. Было принято решение использовать утилиту Afterscan, которая подходит для работы со старорусской орфографией. Преимущества AfterScan состоят в возможности загрузки дополнительных словарей для более точного распознавания текста, возможности форматирования текста и работе с текстом через внешний редактор. Применительно к CAP с помощью AfterScan были устранены практически все ошибки, выровнен текст, правильно расставлен регистр.

Для создания базы данных CAP были использованы язык программирования Python и Microsoft Excel - стандартные инструменты, которые наряду со многими другими [8] активно используются в лингвистических исследованиях. Однако ценность описанного подхода состоит в том, что комбинация этих инструментов была впервые применена для параметрического анализа лексики и существенно упростила работу. Ниже представлен код в Python (техническая поддержка – Лихобаба Д.).

Листинг

```
#!/usr/bin/python
import smtplib
import base64
import os
import sys
import xlswriter
import xlwt
import datetime
import MySQLdb
from pyh import *
from email.MIMEMultipart import MIMEMultipart
from email.MIMEText import MIMEText
db = MySQLdb.connect("192.168.1.118","stp","stp","STP")
cursor = db.cursor()
query = ("select * from stp_automation_output")
cursor.execute(query)
myresults = cursor.fetchall()
workbook = xlwt.Workbook()
worksheet = workbook.add_sheet("My Sheet")
#date_format = workbook.add_format({'num_format': 'd mmmm
yyyy'})
bold = workbook.add_format({'bold': 1})
worksheet.write('A1','Sno',bold)
worksheet.write('B1','function_name',bold)
worksheet.write('C1','input1',bold)
worksheet.write('D1','input2',bold)
worksheet.write('E1','input3',bold)
```



```
worksheet.write('F1','Expected_output',bold)
worksheet.write('G1','Actual_output',bold)
row = 1
col = 0
workbook.save()
```

Результатом выполнения кода является база данных в Microsoft Excel, структура которой соответствует задачам исследования. В отдельных столбцах размещены лемма старорусская и современный вариант леммы, необходимый для последующего соотнесения словаря со словарями современного русского языка. Также вынесены в отдельный столбец пометы, которые в дальнейшем позволят выделить номинативную лексику, что является одним из требований параметрического анализа. Номер значения и толкование необходимы для проведения эпидигматической стратификации, речения - для синтагматической.

### **Заключение**

Проведённая обработка Словаря Академии Российской, с одной стороны, позволила выявить его особенности и трудности формализации, с другой – показала эффективность использованных инструментов и их перспективность для параметрического анализа. Ориентирование САР на словопроизводство, что проявляется в приведении каждого деривата в отдельной словарной статье, потребует применения других средств формализации для использования материала САР в сопоставительной лексикографии.

### **Список литературы**

1. Кретов А. А. Общая лексикология : учебное пособие / А. А. Кретов, Е. Н. Подтележникова. – Воронеж : Воронежский государственный университет, 2010. – 88 с.
2. Воеводская О. М. Об использовании лексикографических источников в лингвистических исследованиях / О. М. Воеводская // Филологические науки. Вопросы теории и практики. – № 10 (40). – Тамбов: Грамота, 2014. – С. 73-76.
3. Starostin S. Methodology of Long-Range Comparison [Электронный ресурс] : Режим доступа : <http://starling.rinet.ru/Texts/method.pdf>
4. Swadesh M. Towards Greater Accuracy in Lexicostatistic Dating // International Journal of American Linguistics. – № 21. – 1955. – P. 121-137.
5. Титов В. Т. Общая квантитативная лексикология романских языков / В. Т. Титов. – Воронеж : Изд-во Воронежского гос. ун-та, 2002. – 240 с.

6. Меркулова И. А. Лексическая нуклеология славянских языков / И. А. Меркулова. – автореферат дисс. доктора филол. н. – Тверь, 2018. – 35 с.

7. Стародубцева Ю. А. Параметрическое ядро лексики русского языка по данным "Словаря русского языка в 4-х томах" под редакцией А.П. Евгеньевой (2-ое изд.) / Ю. А. Стародубцева. – автореферат дисс. к. филол. н. – Воронеж, 2018. – 20 с.

8. Подтележникова Е.Н. Анализ лексики произведения Даниила Андреева «Роза Мира» на основе онтологического подхода / Е.Н. Подтележникова, Р.В. Шмальц // Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Сер. Системный анализ и информационные технологии. - Воронеж, 2017. - № 4. - С. 154-158.

## **Компьютерная лингвистика: развитие и прогноз практического применения технологий**

А. С. Поречный, email: alex.porechny@mail.ru

Е. В. Полицына, email: kathrin.beaver@mail.ru

С. А. Полицын, email: pul\_forever@mail.ru

Московский авиационный институт  
(национальный исследовательский университет)

**Аннотация.** *В статье выделяются периоды развития компьютерной лингвистики как прикладной дисциплины. На основе этого определяется возможное её положение в цикле зрелости технологий Gartner и делается прогноз перспективного развития компьютерной лингвистики.*

**Ключевые слова:** *компьютерная лингвистика, обработка естественного языка, цикл зрелости технологий, Gartner.*

### **Введение**

Согласно закону, изложенному в диалектике Г. Гегеля, любое развитие происходит с помощью перехода количественных изменений в качественные. Такие переходы наблюдались в компьютерной лингвистике минимум дважды. Первый переход наблюдался, когда результаты множественных экспериментов и научных исследований перешли на качественно новый уровень, что позволило применить их в практических решениях, где автоматическая обработка языка является основной целью, например, в системах машинного перевода. Второй переход наблюдался, когда в результате научных и практических разработок накопилось множество доработок и улучшений, вследствие чего повысилась стабильность и качество результата работы автоматической обработке языка и снизились требования к ресурсам. Это позволило расширить практическое применение до областей, где ранее автоматическая обработка языка являлась важной, но вспомогательной или второстепенной функцией, например, поиск информации в социальных сетях, мессенджерах или Интернет-магазинах.

### **1. Развитие компьютерной лингвистики**

Первым общеизвестным экспериментом автоматизации обработки естественного языка считается Джорджтаунский эксперимент 1954 года

по переводу предложений с русского языка на английский. Результат автоматического перевода более 60 предложений показал, что технически возможно автоматизировать обработку текста на естественном языке и произвести перевод. Несмотря на то, что перевод осуществлялся с существенными ограничениями, т.е. использовался словарь с всего 250 записями и 6 грамматическими правилами, начиная с этого момента в течение нескольких десятилетий происходит значительное увеличение числа новых экспериментов, разработки алгоритмов и подходов к машинному переводу, и в целом к обработке естественного языка [1].

За несколько десятилетий появляются системы по переводу текстов Systran, МЕТЕО, аналогичные системы разрабатываются в СССР для машин БЭСМ в ВИНТИ РАН и в Математическом институте АН СССР. Ранее алгоритмы, используемые в системах тех лет, переводили текст буквально по словам, но постепенно добавлялось синтаксическое уподобление, т.е. порядок слов менялся в зависимости от требований, принятых в языке. При этом отмечалось, что для реализации полнотекстового перевода «... машины должны иметь большой объем «памяти», большое быстродействие...» [2].

Параллельно с машинным переводом разрабатываются системы по извлечению нужной информации из текста, в частности появляется система извлечения информации SMART, появляется крупномасштабная система извлечения информации Lockheed dialog System и т. д. Разрабатываются первые информационные системы по ранжированию поиска и индексируются массивы текстовых данных.

Вместе с этим активно развиваются системы и методы распознавания и синтеза речи, а также поддержания диалога. В области распознавания – это Audrey (распознавание произнесенных цифр), IBM Shoebox, алгоритм-DTW, устройство «Септрон». В области синтеза: Pattern playback, VODER, PAT/OVE, text-to-speech, Muse, методы LSD/LSE. В области поддержания диалога: ELIZA, Jabberwacky и др.

Примерно через 12-15 лет после Джордтаунского эксперимента наступает существенное разочарование в машинном переводе, постепенно это же происходит и с остальными задачами. Основной проблемой считалось, что «...недостаточное развитие теоретических исследований в области структурных и математических методов... тормозит практически важные работы по теории и практике машинного перевода, построению информационных языков и информационных машин, логической семантике и другим приложениям языкознания...» [4]

За это время формируется новая наука, которая появилась на стыке вычислительной техники и лингвистики – компьютерная лингвистика. На протяжении нескольких десятилетий постепенно очерчиваются и формируются цели и задачи, которые может решить и решает компьютерная лингвистика, различные исследователи по-разному выделяют задачи, но общий спектр остается неизменным:

- распознавание звучащей речи и синтез речи по тексту;
- распознавание входного текста;
- разработка системы «вопрос-ответ»;
- извлечение фактов и знаний на различных уровнях содержания информации в тексте, начиная с морфологического и закачивания семантическим и прагматическим;
- машинный перевод;

Начиная с конца 80-ых годов прошлого столетия возвращается интерес к компьютерной лингвистике и ее задачам. Этому способствовало несколько факторов, например, бурное распространение компьютеров по всему миру привело с одной стороны к потребности иметь привычный интерфейс на естественном языке, а не ранний низкоуровневый интерфейс, состоящий из консоли и набора команд, подтверждением этому косвенно можно считать развитие графических интерфейсов в сторону взаимодействия с помощью компьютерной мыши. С другой стороны, распространение портативных и персональных ЭВМ и увеличение их мощности позволило разрабатывать более сложные алгоритмы анализа, а на фоне появления первых версий локальных и глобальных сетей возникают новые возможности по обработке текста для проведения поиска, объединения знаний и т.д, в целом возрастают потребности в решении задач компьютерной лингвистики.

За счёт этого массово появляются новые технологические компании, целью которых становится получение прибыли с помощью предоставления сервисов, основанных на достижениях компьютерной лингвистики и решении задач по автоматической обработке текста на естественном языке. Например, компания Google с ориентацией на поиск в сети Интернет с учетом «умной» обработки текста, позже Яндекс, Yahoo, Rambler, Mail и др. В области распознавания АБВУЯ, Google Voice и др. В области оценки тональности и эмоциональной окраски текста ВААЛ и др.

При этом продолжается формирование значимых концепций, например, теория «Смысл-Текст». Появляются словари, ориентированные на использование средствами вычислительной техники, например, «Грамматический словарь русского языка»,

составленный А.А. Зализняком, который является основополагающим для словарей, активно применяемых в настоящее время для автоматической обработки естественного языка.

Можно считать, что в компьютерной лингвистике случился переход из количества в качество, когда количество разработанных алгоритмов и подходов стало достаточным, чтобы сделать рывок в качестве их работы, что позволяло решать уже практические задачи на приемлемом уровне.

При этом особенностью такого перехода в компьютерной лингвистике заключается в том, что алгоритмы решения задач в области исследуются и развиваются неравномерно, важными вехами были:

- Для машинного перевода – до нулевых годов XXI века системы ЭТАП, PROMT, ФРАП, RETRANS, Verbmobil, ПОЛИТЕКСТ, ДИАЛИНГ, Magic Goody и т.д.

- Для поиска и извлечения информации из текста – Knowledge, DARPA TIPSTER [3], АОТ и т.д.

- Для определения тональности текста – появление латентно-семантического анализа тональности в девяностых годах XX века, и бурное развитие методов на основе методов машинного обучения в середине нулевых.

- Для генерации текста – до девяностых рекуррентные нейросети, до 00-ых сети LSTM.

- Для распознавания речи – до девяностых Tangoga от IBM, до нулевых VAL от BellSouth, EARS, GALE, до середины десятых годов Google Voice.

Таким образом, прослеживается неравномерность исследований в компьютерной лингвистике и ее применимости для решения различных востребованных на тот момент задач. Однако, решение такого рода задач компьютерной лингвистики в данных системах являлось целью создания таких систем, т.е. достижения в области компьютерной лингвистики являлись основной движущей силой в них.

## **2. Текущее положение и применение в различных компаниях**

Начиная с середины нулевых годов XXI века, применение компьютерной лингвистики постепенно проникает в сферы, которые ранее не были связаны напрямую с обработкой текста и речи, в отличие от поисковых систем или машинного перевода.

Ярким примером того, как компьютерная лингвистика способствовала появлению новых технологий, является появление голосовых роботов-помощников, которые позволили разгружать операторов за счет предварительного опроса клиента, и чат-ботов,

которые выполняли схожие функции, но требующие только извлечения информации из текста.

Начиная с середины нулевых годов XXI века появляются первые решения в России (Медиалогия), которые направлены на осуществление оценки имиджа по информации и обсуждениям в СМИ, а начиная с середины десятых годов также начинается анализ социальных сетей.

В Интернет-магазинах, базах знаний (Wiki, Confluence и др.), мессенджерах (Телеграмм, WhatsApp и др.), социальных сетях появляется поиск информации по сообщениям с использованием средств различных уровней анализа, например, морфологического, что позволяет искать слова не только по точному совпадению и в т.ч. происходят попытки поиска информации по сообщениям с учетом смысла запроса. Принципиальное отличие от поисковых-систем (Яндекс, Google, Yahoo, Википедия и др.) заключается в то, что поиск идет по не общедоступному набору текстов, как следствие невозможно составить статистику и по ней построить релевантные ответы. Аналогичная проблема возникает с низкочастотными запросами поисковых-систем, например, по статистике Яндекса на 2016 год 100 млн. из 280 млн. запросов в день являются разовыми или уникальными запросами, не имеющую статистики. Для решения таких задач могут применяться искусственные нейронные сети, например, Яндекс использует свою сеть «Палех».

Начиная с десятых годов XXI века активно развиваются программы-ассистенты, у которых основной задачей является не распознавание речи или получение семантического запроса пользователя, а помощь пользователю с помощью алгоритмических подходов и машинного обучения вместо использования ресурсов оператора. Например, «Олег» от Тинькофф в финансовой сфере (2016 г.), «Алиса» от Яндекс (2018 г.), Siri от Apple (2011 г.), «Салют» от Сбер (2020 г.), Google Assistant (2016 г.) и т.д.

На текущий момент некоторые крупные компания, у которых основной продукт или сервис не связаны с автоматизацией обработки естественного языка, активно занимаются задачами распознавания речи, анализом тональности текста, поиском и извлечением информации из текста, развитием диалоговых систем и чат-ботов, синтезом речи и генерации текста. В частности, на рис.1 представлена диаграмма, показывающая развитие дополнительных компетенций в разных российских компаниях [5].



Легенда: ■ – машинный перевод, ■ – поиск и извлечение из текста, ■ – генерация текста, ■ – диалоговые системы и чат-боты, ■ – анализ тональности, ■ – распознавание речи, ■ – синтез речи

Рис. 1. Диаграмма областей автоматической обработки языка

Таким образом, постепенно появляются системы, в которых применение технологий компьютерной лингвистики не является необходимым для решения основных задач, но повышает удобство и эффективность использования таких систем.



### 3. Положение компьютерной лингвистики в цикле зрелости технологий Gartner

Безусловно, компьютерная лингвистика не была единственным направлением, которое развивалось с появлением ЭВМ. Также развивалось 3D-моделирование, облачные технологии и многие другие.

В процессе анализа различных технологий компания-исследователь Gartner приходит к пониманию существования условного цикла зрелости технологий, через который проходят все новые технологии и технологические компании [6].

На рис. 2 изображен «цикл зрелости технологий Gartner». Цикл состоит из резкого и бурного «запуска технологии», который достаточно быстро достигает «пика завышенных ожиданий», далее происходит резкое разочарование в технологии, т.к. она не позволяет быстро решить задачу как ожидалось и как следствие технология попадает на этап «пропасти разочарования». Далее, если к технологии полностью не угас интерес, наступает «склон просвещения», который заключается в постепенном и поступательном развитии технологии, который перетекает в «плато продуктивности», когда технология становится достаточно удобной и широко применяется [6].

На основании исследований Gartner на кривой зрелости изображаются технологии и направления с точки зрения практического использования, поэтому компьютерная лингвистика представлена рядом отдельных направлений, связанных с автоматической обработкой естественного языка. Невозможность полной формализации естественного языка приводит к тому, что решения для каждой задачи развиваются отдельно от остальных, а прогресс по одной задаче не всегда влияет на прогресс другой. Например, достижения в области машинного перевода не влияют напрямую на синтез или распознавание речи.

Очевидно, что машинный перевод имел «пик завышенных ожиданий» в первые 12-15 лет после Джорджтаунского эксперимента, далее наступила «пропасть разочарования» и постепенно поступательно происходит развитие, которое на данный момент можно считать успешным, т.к. последние годы качество машинного перевода для большинства языков стало выше. В то же время «пик завышенных ожиданий» диалоговых систем и чат-ботов наступил значительно позже, и они до сих пор находятся в начале «склона просвещения» и т.д.

Для более корректной оценки положения в цикле зрелости компьютерной лингвистики необходимо учитывать наличие различных задач, которые исследуются неравномерно, а также учитывать, как

минимум два перехода в качестве результатов компьютерной лингвистики.

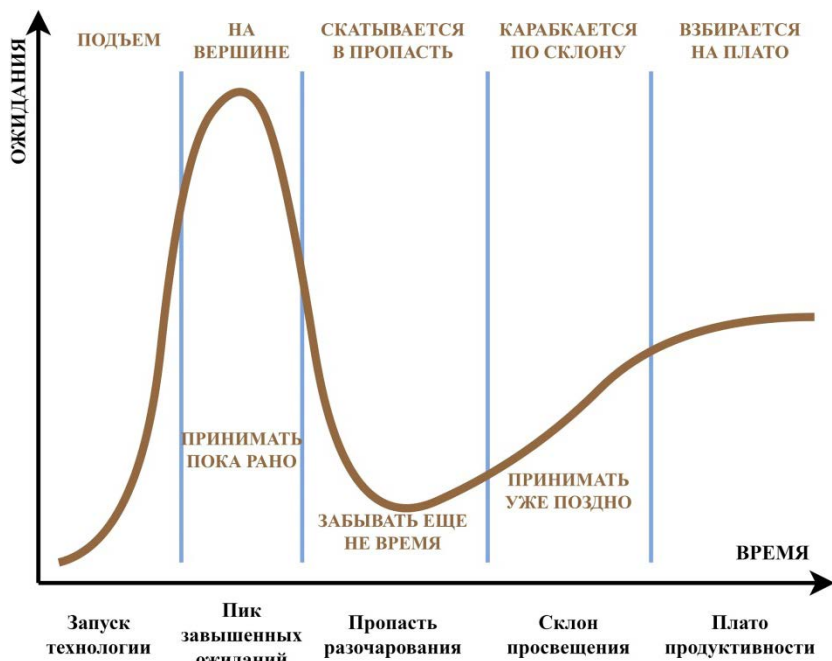


Рис. 2. Цикл зрелости технологий Gartner

#### 4. Прогноз практического применения достижений компьютерной лингвистики

Учитывая график Gartner, можно предположить, что для некоторых задач уже произошло несколько переходов от количества к качеству, которые позволяют преодолеть «склон просвещения», например, сложно оспорить утверждение, что машинный перевод значительно повысил результаты несмотря на то, что экспертный перевод пока что остается более качественным.

Другие задачи, которые находятся на «склоне просвещения» или уже проходят его, все еще не применяются широко ввиду того, что не удалось еще определить удобный и простой способ использовать наработки компьютерной лингвистики для решения вспомогательных практических задач. Тем не менее, некоторые попытки создать библиотеки, которые помогают разрабатывать программы с использованием обработки естественного языка разрабатывались,

например, для машинного обучения это TensorFlow, Theano, Keras, scikit-learn, Lasagne, Caffe, DSSTNE, Wolfram Mathematica, на основе алгоритмических подходов библиотеки TAWT [7], GATE, LingPipe, UIMA, Texterra и т.д.

При этом существуют задачи компьютерной лингвистики, которые относительно недавно прошли «пропасть разочарования». Например, диалоговые технологии или чат-боты, которые дают релевантные ответы на запросы на естественном языке.

### **Заключение**

Компьютерная лингвистика развивается уже несколько десятков лет, а параллельно с этим появляется все больше задач, где необходимо применение автоматической обработки языка. Причем такие задачи появляются в различных промышленных системах, начиная с тех, в которых основной целью является обработка языка, например, системы машинного перевода, поисковые системы и т.д., заканчивая теми, где обработка языка является дополнительной или вспомогательной задачей, например, задача морфологического поиска в базах знаний или в мессенджерах, социальных сетях и т.д.

Тем не менее в отличие от некоторых высокотехнологических компаний, которые имеют свои разработки в области автоматической обработки языка, технологии автоматической обработки языка остаются все еще недостаточно доступными, чтобы применять их повсеместно. В основном это связано с тем, что существующие программные решения обработки языка требуют значительных знаний в области компьютерной лингвистики.

Технологическое развитие задач идет неравномерно и некоторые из них находятся в «пропасти разочарования» или на ранних стадиях «склона просвещения», но некоторые – на «склоне просвещения» и на ранних стадиях «плато продуктивности».

Учитывая то, что развитие происходит за счёт перехода количества в качество, можно сделать вывод, что в настоящее время для некоторых задач компьютерной лингвистики накапливается достаточно программных решений и вместе с ним компетенций, чтобы такие решения с одной стороны, повысили качество своей работы, с другой стороны стали более доступными, а их программные интерфейсы более интуитивно понятными.

### **Список литературы**

1. Reynolds, A. Craig The conference on mechanical translation. // Mechanical Translation: 1954. – С. 47-55.

2. Ляпунов, А.А. Использование вычислительных машин для перевода с одного языка на другой. / А.А. Ляпунов, О.С. Кулягина // Природа. – Академия наук СССР. – 1955г. – №8 (август). – С. 83-95.
3. Kaufmann, M. Tipster Text Program Phase III: Proceedings of a Workshop held at Baltimore // MD, USA, Kaufmann, October 13-15, 1998. – pp. 39-40. ISBN 978-1-55860-610-4.
4. Григорьев, В.И. О развитии структурных и математических методов исследования языка / В.И. Григорьев // Вопросы языкознания. – 1960г., – № 4. – С. 153-155.
5. Альманах. Искусственный интеллект. Обработка естественного языка, распознавание и синтез речи // Центр Национальной технологической инициативы на базе МФТИ по направлению «Искусственный интеллект». – 2019г. – №2 (сентябрь). – 103с.
6. Цикл зрелости технологий Gartner [Электронный ресурс]: статья аналитического агентства – Режим доступа – [https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Gartner\\_Hype\\_Cycle\\_for\\_Emerging\\_Technologies\\_\(Цикл\\_зрелости\\_технологий\\_Gartner\)](https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Gartner_Hype_Cycle_for_Emerging_Technologies_(Цикл_зрелости_технологий_Gartner))
7. Полицына, Е.В., Алгоритмы автоматизации анализа текста на русском языке для решения прикладных задач с применением фреймворка TAWT / Е.В. Полицына, С.А. Полицын, А.С. Поречный // Программные продукты и системы. 2021. Т. 34. № 2. С. 257–268. DOI: 10.15827/0236-235X.134.

## **О проблемах идентификации именованных объектов и извлечения связей при анализе научных и технических русскоязычных текстов**

А. П. Преображенский, email: app@vivot.ru

Д. В. Меняйлов, email: dmitriy.menyaylov111@yandex.ru

АНОО ВО – Воронежский институт высоких технологий, Воронеж,  
Российская Федерация

**Аннотация.** *Работа посвящена рассмотрению методов извлечения информации (распознавание объектов и классификация отношений) из научных текстов по информационным технологиям. Научные публикации предоставляют ценную информацию для передовых научных достижений, но эффективная обработка растущих объемов данных требует много времени. В данной работе рассматривается несколько модификаций методов для русского языка. Представлены результаты экспериментов по сравнению метода извлечения ключевых слов, словарного метода и некоторых методов, основанных на нейронных сетях. Рассмотрен корпус научных текстов на русском языке RuSERRC, который состоит из 1600 неразмеченных документов и 80 размеченных объектов и семантических отношений, рассмотрено 6 типов отношений. Набор данных и модели полезны для исследовательских целей и разработки систем извлечения информации.*

**Ключевые слова:** *распознавание объектов, классификация отношений, модели нейронных сетей, построение набора данных, извлечение информации.*

### **Введение**

Количество информации в интернете, в том числе текстовой, растет чрезвычайно быстро. По данным журнала «Nature», мировое научное сообщество ежегодно публикует более миллиона статей только на медико-биологическую тематику [1]. Научные публикации содержат ценную информацию о ведущих научных достижениях, но эффективная обработка такого огромного объема данных требует много времени.

Одной из задач извлечения информации является распознавание объектов. Целью этой задачи является обнаружение и классификация объектов по предопределенным категориям, таким как имена, организации, местоположения, временные выражения, деньги и т.д. Эта задача часто решается вместе с задачей извлечения связей, суть которой

заключается в том, чтобы найти пары объектов, которые могут быть связаны семантическим отношением. Если набор отношений предопределен, то речь идет о задаче классификации отношений – сопоставлении каждой пары объектов с определенным семантическим отношением. Часто делается следующее допущение: объекты должны находиться в одном предложении.

В настоящее время методы, основанные на глубоком обучении, достаточно хорошо решают эти задачи. В таких методах используются языковые модели, построенные на больших размеченных корпусах. Чтобы добиться хорошего качества данных из определенных доменов, необходимо точно настроить модели на специальных корпусах. Набор данных RuSERRC (Russian Scientific Entity Recognition and Relation Extraction) содержит тексты в области информационных технологий. Проведено несколько экспериментов для исследования и сравнения различных методов на этом корпусе.

Распознавание именованных объектов и классификация отношений являются важными шагами для извлечения информации из текстов. Наиболее известные наборы данных на английском языке для этих задач – TACRED [2], SemEval-2010 Task 8 [3], CONLL04 [4]. Для русского языка наиболее популярен набор данных FactRuEval-16 [5], состоящий из новостных текстов. В настоящее время наиболее перспективными считаются методы, основанные на архитектуре Transformer, которые обычно проходят полуконтролируемое обучение, включающее неконтролируемую предварительную подготовку, за которой следует контролируемая точная настройка для рассматриваемой задачи. Пример тонкой настройки BERT представлен в [6]. Для достижения представления отношений путем точной настройки BERT с крупномасштабным «сопоставлением пробелов» используются тексты, связанные с объектами перед обучением. Этот метод хорошо работает с набором данных SemEval-2010 Task 8 (оценка F1 88,6%) и превосходит предыдущие методы на TACRED (оценка F1 70,4%).

Чтобы добиться хорошего качества данных в конкретной области, необходимо точно настроить модель на соответствующем наборе данных. Предварительное обучение обычно выполняется на гораздо большем наборе данных, чем точная настройка для конкретной области знаний, из-за ограниченной доступности помеченных обучающих данных. В качестве полезного полигона доступен корпус российских документов стратегического планирования RuREBus [7]. Модель на основе BERT получает наилучший показатель F1: 0,563 для NER и 0,443 для извлечения отношений. Еще один набор данных на русском языке – RURED [8]. Он состоит из текстов экономических новостей.

Многоязычная модель BERT дает 0,86 для NER, а модель SpanBERT [9] дает наилучшие результаты 0,79 для извлечения отношений F1-показателя в этом корпусе.

Также представляет интерес решение задач распознавания объектов и классификации смысловых отношений в научных текстах. Хотя есть инструменты (например, *natasha*, *spacy-ru*) для извлечения традиционных типов объектов из общих текстов предметной области (лица, местоположения, организации и т.д.), распознавание объектов и отношений в научно-технических текстах на русском языке еще нуждается в исследовании. Такие сборники для английского языка [10], [11], [12] имеются и активно используются научным сообществом, однако в настоящее время сложно найти аналогичный набор данных на русском языке.

## 1. Набор данных

Данный корпус состоит из рефератов научных работ из области информационных технологий. Корпус состоит из 1600 неразмеченных текстов и 80 текстов, аннотированных вручную терминами и семантическими отношениями между ними.

В качестве объектов рассматриваются существительные или группы существительных, которые являются терминами в этой конкретной области. Под термином понимается словосочетание, являющееся названием определенного понятия области науки, техники, искусства и т.п. Объектами считаются термины, состоящие из одной лексемы или аббревиатуры («база данных» (БД), «программное обеспечение» (ПО), «интерфейс»), названия языков программирования («Python», «Java», «C++») и библиотек («Pytorch», «Keras», «rutmorphu2»), дефисные понятия, содержащие латинские символы («n-грамма», «веб-сервис»). Термины с орфографическими ошибками или опечатками также были помечены как объекты. Объекты перечислены с ";", ":" или соединенные союзом «и», по возможности, обозначались раздельно. Представлены некоторые абстрактные понятия (например, «метод», «явление», «свойство» и т.д.) как термины, чтобы связать объекты через эти понятия с базой знаний в будущем.

Основная трудность заключается в процессе разграничения терминов и нетерминов. Часто бывает трудно понять без контекста, является ли фраза термином или нет. Рассматривается многословный термин как цепочка токенов максимальной длины, из которой получается более общий термин, если убрать токены. Например, составной термин «модель структурной организации единого информационного пространства» считается корпусным термином, поскольку отдельное слово «модель» не отражает точный смысл в

данном контексте. Но в случае, когда слово «модель» встречается в тексте без дополнительных слов, то оно рассматривается как термин. Обычно такими объектами являются названия программных продуктов, методов, алгоритмов, задач, подходов («операционная система Android», «метод k ближайших соседей», «метод опорных векторов»).

В научных текстах на русском языке часто встречаются отглагольные существительные, обозначающие процессы. С точки зрения семантики процесс приводит к изменениям, влияет на результат. Вот почему такие существительные желательно включать в объект, это влияет на извлечение отношений. Примеры: «обработка изображений», «тестирование системы», «анализ текста» и т.д.

Объекты помечены в формате BIO: каждому токenu присваивается тег B-TERM, если он является начальным тегом для объекта, I-TERM, если он находится внутри термина, или O, если он находится вне какого-либо объекта. Объекты не рекурсивны и не пересекаются. В результате проаннотировано 82 текста, содержащих 11159 токенов и 2029 терминов. Средняя длина термина составляет 2,45 токена. Самый длинный терм содержит 13 токенов.

Список отношений выбран в результате анализа работ [3], [12], [13] на основании следующих критериев. Во-первых, отношение должно быть однозначным (например, не рассматривается семантическое отношение <Объект – Назначение>, поскольку оно также имеет косвенное значение). Во-вторых, отношение должно связывать научные термины (например, в отношении <Коммуникация – Тема> (акт общения по теме) актанты не являются научными терминами). Таким образом, отобрано шесть семантических отношений.

1. Отношение причинности, например, [взаимодействие высокоэнергетических пучков : деформация].

2. Отношение сравнения, например, [реляционные базы данных: объектно-ориентированные базы данных].

3. Отношение таксономии, например, [Python : язык программирования].

4. Отношение мерономии, например, [модуль : система].

5. Отношения синонимии, например, [GPU : графический процессор].

6. Отношение использования, например, [метод статистической обработки : анализ текста].

Отношения между объектами аннотированы в рамках одного предложения. В результате размечено 632 связи между терминами: причинность – 27, сравнение – 23, таксономия – 92, мерономия – 79, синонимия – 24, использование – 387.



## 2. Методы

Могут проводиться базовые эксперименты с использованием как архитектуры преобразователей, так и традиционных методов решения задачи извлечения терминов, среди которых реализован метод на основе словаря, комбинированный метод и статистический метод.

Метод распознавания объектов на основе словаря предлагает использовать предопределенный набор (словарь) терминов. Может быть сформирован полуавтоматически двумя способами:

1. Извлечь 2-, 3- и 4-граммы из научных статей и отсортировать по значению TF-IDF, затем вручную отфильтровать фразы, которые потенциально могут быть терминами.

2. Извлечь все названия статей, которые входят в подграф категории «Наука», а затем вручную отобрать фразы, которые потенциально могут быть терминами.

Таким образом, возможно собрать более 17260 терминов.

Комбинированный метод распознавания объектов. Основная трудность при проведении экспериментов с использованием различных алгоритмов машинного обучения – отсутствие размеченных данных. Для решения этой проблемы автоматически аннотировано 1120 научных статей (которые очищены от формул, таблиц, рисунков и т.д.) терминами из словаря, описанного выше. Таким образом, получен аннотированный набор данных, который состоит из 2 миллионов токенов и 179 тысяч терминов. Входная последовательность закодирована на уровне символов. Модель содержит один двунаправленный слой LSTM и слой CRF для формирования выходной последовательности тегов. Проанализировано, сколько терминов смогла извлечь модель, которых нет в словаре терминов, и обнаружено, что около 26,7% всех уникальных терминов – это фразы, которые модель ранее не видела.

Алгоритм RAKE (быстрое автоматическое извлечение ключевых слов) хорошо применим к динамическим корпусам и совершенно новым предметным областям, он не зависит от языка документа и его особенностей [14]. Первым шагом алгоритма является применение стоп-слов и списка разделителей для выделения терминов, состоящих из нескольких слов. После этого вычисляется некоторая статистическая информация. Для каждого слова оценивается частота, с которой оно встречается. Второй параметр – количество отношений между текущим словом и другими словами в тексте. На основе этих значений оценивается вес каждой ключевой фразы. Все фразы отсортированы по их весу, поэтому наиболее вероятные фразы получают максимальное значение.

При использовании реализации RAKE, которая поддерживает русский язык и автоматическое извлечение стоп-слов из текста, замечено, что алгоритм часто добавляет ключевые фразы, содержащие глагольные формы. Поскольку рассматриваются только существительные или группы существительных как объекты, необходимо предварительно обработать тексты и удалить все глаголы и их формы перед применением RAKE. Глагольные формы возможно извлечь с помощью Mystem.

Распознавание объектов и классификация отношений с использованием моделей на основе BERT. RuBERT [15] – модель BERT, предварительно обученная на русскоязычных текстах. Используя веса этой модели для инициализации, предварительно обучена BERT на коллекции научных текстов.

1. BertLinearER. Самый простой способ разметить последовательности с помощью BERT – использовать линейный слой поверх векторных представлений токенов, сгенерированных BERT. Функция потерь в этом случае основана на перекрестной энтропии (CrossEntropyLoss).

2. BertLstmLinearER и BertCnnLinearER. Разумное решение – усложнить классификатор, добавив слои, которые учатся находить зависимости в последовательности. Сверточные слои больше подходят для выделения краткосрочных зависимостей (для токенов на небольшом расстоянии друг от друга), а слои LSTM (Long Short-term memory) хороши для выделения долгосрочных зависимостей (для токенов на большом расстоянии друг от друга). Сверточные слои объединяются в блоки (блоки CNN), структура которых основана на проекте Кераса-Бертнера. Функция потерь также основана на перекрестной энтропии.

3. BertLstmCrfER и BertCnnCrfER. Следующим шагом для улучшения классификатора является добавление слоя CRF. Другая функция потерь, логарифм правдоподобия, используется вместе с CRF.

4. BertRC. Базовая линия для классификации отношений основана на архитектуре R-BERT [16]. Входные данные для классификации отношений отличаются от распознавания именованных объектов – помимо последовательности токенов на вход предоставляются битовые маски. Эти маски показывают, что токены принадлежат объектам. Слой softmax расположен на выходе модели. Потери MSE используются в качестве функции потерь.

### 3. Результаты

Для оценки качества алгоритмов распознавания объектов рассмотрено сопоставление как с точным, так и с нечетким токеном.

Метрики рассчитаны для всего набора данных RuSERRC, поскольку он не использовался во время алгоритмов подбора.

Низкие показатели словарного метода связаны с тем, что словарь состоит только из полных названий терминов, тогда как в реальных текстах последовательность терминологических токенов может быть нарушена другими токенами, содержать синонимы, аббревиатуры или даже быть неполным. Низкие метрики комбинированного метода обусловлены той же причиной, так как тексты для обучения автоматически размечались с помощью этого словаря, поэтому в обучающей выборке не было примеров, в которых термин каким-либо образом был изменен.

Метрики алгоритма RAKE немного лучше: алгоритм извлекает из текста больше терминов. Оптимизация с удалением глагольных форм снижает мощность извлекаемого набора терминов, тем самым повышая точность алгоритма.

Модели на основе BERT обучались в течение 30 эпох (полные проходы через обучающий набор данных). Для тестирования было выделено 10% набора данных (эти примеры не участвовали в обучении модели). Произведено сравнение F-оценки по корпусу RuSERRC для рассмотренных моделей распознавания объектов на основе BERT. Для модели на основе BERT для классификации отношений установлено 0,840 F-показателя.

Модель лучше всего распознает отношение USAGE, что неудивительно, поскольку оно имеет наибольшую частоту в обучающей выборке. Результаты можно улучшить, расширив корпус текстов для предобучения BERT и, увеличив количество эпох для предобучения и обучения.

В связи с тем, что сложно найти аналогичный корпус и модели для русского языка для решения поставленных задач, опубликованные результаты других исследователей на других аналогичных наборах данных имеют целью показать, каких результатов модель может достичь в принципе. Для задачи извлечения отношения F-оценка равна 0,563 на RuREBus [7], 0,705 – на SpERT [17], 0,852 – на RURED [8]. Для задачи классификации отношений F-оценка составляет 0,443 на RuREBus, 0,510 – на SpERT, 0,764 – на RURED. Конечно, при анализе результатов важно учитывать, что значения метрик на наборе данных во многом зависят от его свойств: размера, полноты, качества текстов, обучающих примеров и других характеристик.

### **Заключение**

В данной работе представлены методы автоматического выделения объектов и классификации семантических отношений для построения

моделей, работающих с русским языком. Эти модели особенно актуальны, так как большинство существующих исследований ориентированы на данные на английском и китайском языках, а найти качественные модели для русского языка в открытом доступе достаточно сложно.

В дальнейшем необходимо провести серию экспериментов с моделью ERNIE [18], использующей дополнительную структурированную информацию о языке. Предварительно обученные модели ERNIE существуют для двух языков – английского и китайского. Согласно выводам, сделанным в [18], есть основания полагать, что такой подход улучшит результаты для русского языка.

Корпус RuSERRC находится в открытом доступе и может быть полезен для исследовательских целей и разработки систем извлечения информации. Набор данных научных текстов RuSERRC содержит разметку объектов и семантических отношений между ними.

### Список литературы

1. Ландхус, Э. Научная литература: информационная перегрузка / Э. Ландхус // Nature. – 2016. – № 535. – С. 457-458.
2. Чжан, Ю., Чжун, В., Чен, Д., Анджели, Г., Мэннинг, К.Д. Внимание с учетом положения и контролируемые данные улучшают заполнение слотов / Ю. Чжан, В. Чжун, Д. Чен, Г. Анджели, К.Д. Мэннинг // Материалы конференции 2017 года по эмпирическим методам обработки естественного языка. Ассоциация компьютерной лингвистики. – Копенгаген, Дания, 2017. – С. 35-45.
3. Хендрикс, И., Ким, С.Н., Козарева, З., Наков, П., Падо, Д.О., Пеннакиотти, М., Романо, Л., Шпакович, С. SemEval-2010, задача 8: многосторонняя классификация семантических отношений между парами имен / И. Хендрикс, С.Н. Ким, З. Козарева, П. Наков, Д.О. Падо, М. Пеннакиотти, Л. Романо, С. Шпакович // Материалы 5-го Международного семинара по семантической оценке. Ассоциация компьютерной лингвистики. – Уппсала, Швеция, 2010. – С. 33-38.
4. Каррерас, К., Маркес, Л. Введение в общую задачу CoNLL-2005: маркировка семантических ролей / К. Каррерас, Л. Маркес // Материалы девятой конференции по компьютерному изучению естественного языка (CoNLL-2005). Ассоциация компьютерной лингвистики. – Анн-Арбор, Мичиган, 2005. – С. 152-164.
5. Старостин, А., Бочаров, В., Алексеева, С., Бодрова, А., Чучунков, А., Джумаев, С., Ефименко, И., Грановский, Д., Хорошевский, В., Крылова, И., Николаева, М., Смуров, И., Толдова, С. Factrueval 2016: Оценка систем распознавания именованных сущностей и извлечения фактов для русского языка / А. Старостин, В. Бочаров, С. Алексеева,

А. Бодрова, А. Чучунков, С. Джумаев, И. Ефименко, Д. Грановский, В. Хорошевский, И. Крылова, М. Николаева, И. Смуров, С. Толдова // *FactRuEval-2016*. – 2016. – С. 688-705.

6. Соарес, Л.Б., Фитцджеральд, Н., Линг, Дж., Квятковски, Т. Сопоставление пробелов: дистрибутивное сходство для изучения отношений / Л.Б. Соарес, Н. Фитцджеральд, Дж. Линг, Т. Квятковски // *ArXiv: 1906.03158*. – 2019.

7. Артемова, Е., Батура, Т.В., Голенковская, А., Иванов, В., Иванов, В., Саркисян, В., Смуров, И., Тутубалина, Е. Документы по стратегическому планированию горных работ / Е. Артемова, Т.В. Батура, А. Голенковская, В. Иванов, В. Саркисян, И. Смуров, Е. Тутубалина // *ArXiv, vol. abs/2007.00257*. – 2020.

8. Давлетов, А., Гордеев, Д., Алексей, Р., Арефьев, Н. Ренерсанс: извлечение отношений и распознавание именованных сущностей как аннотации последовательностей / А. Давлетов, Д. Гордеев, Р. Алексей, Н. Арефьев // *Вычислительная лингвистика и интеллектуальные технологии: материалы международной конференции «Диалог»*. – Москва, 2020.

9. Джоши, М., Чен, Д., Лю, Ю., Велд, Д.С., Зеттлемойер, Л., Леви, О. Спанберт: улучшение предварительного обучения путем представления и прогнозирования интервалов / М. Джоши, Д. Чен, Ю. Лю, Д.С. Велд, Л. Зеттлемойер, О. Леви // *Труды Ассоциации вычислительной лингвистики*. – 2020. – С. 64-77.

10. Д'Суза, Дж., Хоппе, А., Брак, А., Джараде, М.Ю., Ауэр, С., Эверт, Р. Набор данных Stem-esc: обоснование ссылок на научные объекты в основном научном содержании на авторитетные энциклопедические и лексикографические источники / Дж. Д'Суза, А. Хоппе, А. Брак, М.Ю. Джараде, С. Ауэр, Р. Эверт // *ArXiv, т.1, с. abs/2003.01006*. – 2020.

11. Смит, Х., Чжан, З., Калнан, Дж., Янсен, П. Scienceexamser: высокоплотный мелкозернистый корпус в научной области для распознавания общих сущностей / Х. Смит, З. Чжан, Дж. Калнан, П. Янсен // *ArXiv: 1911.10436*. – 2019.

12. Габор, К., Бускальди, Д., Шуманн, А.-К., КасемиЗаде, Б., Заргаюна, Х., Шарнуа, Т. SemEval-2018, задача 7: извлечение и классификация семантических отношений в научных статьях / К. Габор, Д. Бускальди, А.-К. Шуманн, Б. КасемиЗаде, Х. Заргаюна, Т. Шарнуа // *Материалы 12-го Международного семинара по семантической оценке. Ассоциация компьютерной лингвистики*. – Новый Орлеан, Луизиана, 2018. – С. 679-688.

13. Адитья, С., Синха, А. Раскрытие отношений для представления маркетинговых знаний / С. Адитья, А. Синха // ArXiv: 1912.08374. – 2019.

14. Роуз, С., Энгель, Д., Крамер, Н., Коули, В. Автоматическое извлечение ключевых слов из отдельных документов / С. Роуз, Д. Энгель, Н. Крамер, В. Коули // Интеллектуальный анализ текста: приложения и теория. – 2010. – № 1. – С. 1-20.

15. Куратов, Ю., Архипов, М. Адаптация глубоких двунаправленных многоязычных трансформеров для русского языка / Ю. Куратов, М. Архипов // Вычислительная лингвистика и интеллектуальные технологии: материалы международной конференции «Диалог». – Москва, 2019. – С. 333-339.

16. Ву, С., Хе, Ю. Обогащение предварительно обученной языковой модели информацией об объектах для классификации отношений / С. Ву, Ю. Хе // Материалы 28-й Международной конференции АСМ по управлению информацией и знаниями. – 2019. – С. 2361-2364.

17. Эбертс, М., Ульгес, А. Извлечение объединенных объектов и отношений на основе Span с предварительным обучением трансформатора / М. Эбертс, А. Ульгес // ArXiv: 1909.07755. – 2019.

18. Чжан, З., Хань, С., Лю, З., Цзян, С., Сунь, М., Лю, К. Эрни: расширенное языковое представление с информативными объектами / З. Чжан, С. Хань, З. Лю, С. Цзян, М. Сунь, К. Лю // ArXiv: 1905.07129. – 2019.

# Создание метода проведения морфологического анализа несловарных слов в текстах на русском языке для повышения точности работы библиотек JMorfSdk

А. Н. Рыкунов, email: [casi.05@mail.ru](mailto:casi.05@mail.ru)

Московский авиационный институт  
(национальный исследовательский университет)

**Аннотация.** В работе рассматриваются методы анализа неизвестных слов, используемые в инструментах морфологического анализа, приводится алгоритм проведения морфологического анализа несловарных слов в библиотеке JMorfSdk, входящей в состав фреймворка TAWT. Описывается структура хранения необходимой информации для проведения такого анализа.

**Ключевые слова:** морфологический этап анализа, обработка естественного языка, компьютерная лингвистика, предсказание характеристик неизвестных слов.

## Введение

Количество текстовой информации постоянно растёт и необходимость автоматической её обработки приводит к созданию автоматизированных инструментов анализа текста, которые стали применяться во многих сферах деятельности людей, важными характеристиками используемых инструментов анализа текстов являются скорость и точность работы.

Сложность естественного языка привела к разделению его анализа на последовательные этапы, одним из которых является морфологический. Морфологический этап анализа текста отвечает за анализ отдельных слов, определение их частей речи и морфологических характеристик. Полученные данные в последующем используются на других этапах анализа, в частности, на этапе синтаксического анализа для построения синтаксической структуры текста [1].

Исторически в компьютерной лингвистике (КЛ) морфологический анализ выполнялся бессловарным методом. Преимуществом такого метода является возможность разбора абсолютно любого слова, но из-за большого количества исключений в естественном языке он является недостаточно точным.

В большинстве современных морфологических анализаторов используется метод анализа на основе словаря словоформ. Его

преимуществом является высокая точность, поскольку лексемы хранятся полностью. Но естественный язык постоянно развивается, в результате деятельности людей появляются новые сферы жизни и явления, и, следовательно, новые слова.

Постоянно пополнять словарь и поддерживать его в актуальном состоянии является трудной и даже не всегда выполнимой задачей, поэтому важной возможностью инструментов морфологического анализа является проведение морфологического анализа неизвестных слов. Таким образом современные системы совмещают словарный подход для слов, найденных в используемом инструментом словаре, и бессловарный подход для неизвестных слов.

### **1. Библиотека JMorfSdk в составе фреймворка TAWT**

Фреймворк TAWT (Tools for Automated Work with Text) включает в себя набор программных инструментов лингвистического анализа текстов на русском языке [2]. Все инструменты используют общую схему подключения, стандартную для платформы Java: используется глобальный репозиторий бинарных зависимостей, исходный код которых, примеры и ссылки на артефакты находятся в общем доступе на Github [3].

Одним из модулей фреймворка является инструмент JMorfSdk (Java Morphological Software Development Kit), которые реализует морфологический этап анализа текста. Для разбора используется словарь проекта OpenCorpora [4], который основан на грамматическом словаре русского языка Зализняка, расширенном с помощью средств фреймворка TAWT, и включает в себя около 410 тысяч лексем и более 5 млн словоформ.

Алгоритмы анализа, реализованные в библиотеке JMorfSdk, имеют высокую производительность за счет использования хэш-таблиц вместе с использованием битовых операций и хранением самых необходимых характеристик в битовой шкале, что позволило получить константную сложность определения множества омоформ слова и их морфологических характеристик. Средняя скорость выполнения морфологического анализа текста составляет 0,9 миллионов слов/с. Отличительной особенностью инструмента является наличие режима генерации слов по заданным морфологическим характеристикам [5]. В статье, включающей в себя сравнительный анализ средств программных морфологической обработки [6], JMorfSdk стал лидером по скорости проведения анализа.

Однако, в библиотеке отсутствует возможность проведения морфологического анализа слов, не содержащихся в словаре. В сравнительном анализе работы морфологических анализаторов [6] у



большинства инструментов одним из недостатков был сравнительно небольшой размер словаря, что не позволяет провести полный морфологический анализ текста. Для повышения полноты и точности морфологического анализа был разработан алгоритм разбора несловарных слов, который позволит предсказывать части речи и характеристики неизвестных слов.

## **2. Методы морфологического анализа неизвестных слов в сторонних инструментах**

Задача морфологического анализа несловарного слова сводится к определению характеристик, которыми может обладать анализируемое слово.

Некоторые слова могут заканчиваться, например, на «а», «о» или иметь нулевое окончание. Если производить анализ только по флексии, то будет получено огромное количество вариантов, поскольку такие флексии могут соответствовать разным частям речи. Для более точного предсказания характеристик помимо самой флексии также учитывается суффикс, стоящий перед ней. Под окончанием в рамках данной работы понимается часть слова, которая идёт после корня, включающая в себя суффиксы и флексию.

В русском языке присутствует несколько способов словообразования: приставочный, суффиксальный и приставочно-суффиксальный. Любое слово можно разбить на последовательность приставки, корня и окончания, где первое и последнее могут отсутствовать. Таким образом для определения характеристик также используются методы отсечения приставки и предсказания по окончанию.

В инструментах `rumorphy2` [7] и АОР [8] вначале анализа неизвестного слова происходит попытка отсечения приставки вместе с поиском по словарю. Особенностями методов отсечения приставок в этих морфологических анализаторах является то, что при неудачной попытке отсечения известных приставок перед переходом к анализу по окончанию слова происходит попытка отсечения части слова в начале, которая может являться неизвестной приставкой. Такой подход может привести к ошибочным результатам, если часть корня будет принята за приставку.

Следующим методом анализа неизвестного слова является предсказание по окончанию. Помимо уже рассмотренных инструментов такой подход реализован и в `RussianMorphology` [9], в котором он является единственным. Слова с одинаковым окончанием можно отнести к одной парадигме словообразования, из чего можно сделать вывод о морфологических характеристиках, как самого неизвестного

слова, так и всех словоформ лексемы. Работа данного метода заключается в определении окончания слова, в результате чего будет получена парадигма словообразования. Поскольку парадигма словообразования указывает на изменения в окончании, то остальные словоформы можно получить путём замены окончания одной словоформы на другую, с сохранением основной части словоформы.

### 3. Разработанный метод морфологического разбора неизвестных слов

Были разработаны структуры хранения информации о приставках и окончаниях. Эти данные также, как и словарь представляют собой бинарный файл, что снижает количество занимаемой памяти, которое необходимо при запуске JMorfSdk Структуры хранения данных о приставках и окончаниях представлены на рисунках 1 и 2.

Запись			
Длина приставки	Приставка	Записи об изменениях	Разделитель между записями
1 байт	m байт	1 байт, пока не встретится разделитель	1 байт

Запись об изменении	
2 бита	6 бит
00	удаление характеристики
10	добавление характеристики
01	установка части речи, к которой относятся изменения

Разделитель между записями
1111_1111

Рис. 1. Структура хранения данных о возможных приставках, а также их влиянии на морфологические характеристика

На основе проведённого анализа экспериментально было определено, что при приставочном методе словообразования происходит изменения только в характеристике «вид» у глаголов. При этом такой особенностью обладают только исконно-русские приставки. Приставки иноязычного происхождения влияют только на смысловую часть слова.

Окончание не принадлежит начальной форме						
Длина окончания	Окончание	Часть речи	Окончание начальной формы	Окончание	Морфологические характеристики	Морфологические характеристики начальной формы
1 байт	n байт	1 байт	1 байт	m байт	8 байт	8 байт

Окончание принадлежит начальной форме			
Длина окончания	Окончание	Часть речи	Морфологические характеристики начальной формы
1 байт	n байт	1 байт	8 байт

*Рис. 2.* Структура хранения данных об окончаниях, морфологических характеристиках, а также окончании и характеристиках начальной формы

Предложенная структура хранит как окончание и его характеристики, так и окончание начальной формы, на которое при запросе начальной формы будет произведена замена, и её характеристики. Хранение окончаний позволяет предсказать морфологические характеристики неизвестного слова, поскольку у слов с одинаковыми окончаниями обычно одна парадигма словоизменения.

Если при проведении морфологического анализа словоформа не была найдена в словаре, то сначала будет произведён поиск слов с отсечённой приставкой. В представленном алгоритме не происходит попытки анализа по неизвестным приставкам. Если метод отсечения приставок не дал результата, то происходит анализ по окончанию слов.

Окончание слова часто является указанием не только на определённую часть речи, но и на его характеристики. Например, суффикс «-ник-» указывает, что частью речи данного слова является имя существительное, а окончание будет влиять на число и падеж [10].

Иногда в анализируемом тексте могут встречаться слова, написанные через дефис. Хотя в используемом библиотекой словаре хранится большое количество слов, написанных через дефис, существует огромное количество вариантов, все из которых невозможно хранить в словаре. Поэтому важной частью анализа неизвестных слов является возможность разбора слов с дефисом. В разработанном методе они обрабатываются по специальным правилам. Если одна из частей является числом или одной из известных приставок, то анализ будет происходить по оставшейся части. В большинстве случаев первая часть слова является вспомогательной и меняет лишь смысл, в то время как

вторая часть определяет характеристики. В этом случае разбор достаточно провести по второй части.

#### **4. Анализ результатов работы предложенного метода**

Представленный метод анализа неизвестных слов использует только словарь приставок и окончаний, поэтому обладает преимуществом бессловарного подхода морфологического анализа. Бессловарный подход заключается в поиске наиболее длинного окончания и получение морфологических характеристик, соответствующих найденному окончанию. Следовательно, проведение морфологического анализа возможно для любого слова, для которого нашлось нужное окончание.

Попытка получения морфологических характеристик с помощью отсечения приставки перед переходом к анализу неизвестного слова с помощью метода предсказания по окончанию, позволяет ускорить процесс анализа, без потери в качестве разбора. Если к слову добавлена приставка, то оно будет иметь те же морфологические характеристики. За исключением некоторых исконно-русских приставок, которые могут влиять на вид глаголов, и приставки «по-», которая присутствует в наречиях. При её отсечении часть речи слова будет изменена на имя прилагательное.

#### **Заключение**

Проведённый ранее анализ работы инструментов [6] выявил ряд недостатков библиотеки JMorfSdk. Их исправление позволило значительно увеличить качество работы. Добавление в библиотеку возможности проведения морфологического анализа неизвестных слов также позволит повысить точность как получения морфологических характеристик определённой словоформы, так и снятия омонимии, которое в фреймворке реализовано на основе контекста. Точное получение характеристик неизвестного слова позволит повысить точность снятия омонимии во всём предложении.

Был предложен алгоритм морфологического анализа неизвестных слов вместе со структурой хранения информации для его проведения. Преимуществом алгоритма является возможность проводить морфологический анализ любого слова, окончание которого есть в словаре. Анализ происходит последовательно в два этапа – отсечение известных приставок и, если не были найдены морфологические характеристики, предсказание по окончанию.

Предложенные структуры данных и разработанный метод морфологического разбора неизвестных слов позволят наряду с

получением высокой точности морфологического анализа несловарных слов сохранить высокую скорость работы.

### Список литературы

1. Mohbey K. K., Tiwari S. Preprocessing and morphological analysis in text mining // International Journal of Electronics Communication and Computer Engineering. - 2011. - Vol. 2. - № 2. - P. 1-7.
2. Politsyna E., Politsyn S., Porechny A. Solving practical tasks of computer linguistics using the created text processing framework [Электронный ресурс]: статья. – Дата обращения: 15.12.2021 – Режим доступа: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1902/1/012129>
3. Официальная страница JMorfSdk. – Режим доступа – <https://github.com/jalexpr/jmorfsdk>. – (Дата обращения: 12.12.2021).
4. Официальный сайт OpenCorpora. – Режим доступа – <http://opencorpora.org>. – (Дата обращения: 12.12.2021).
5. Politsyna E. V. Development of the Cross-platform Library of Morphological Analysis of the Russian Language Text for Industrial Software / E. V. Politsyna, S. A. Politsyn, A. S. Porechny // CEE-SECR '18 Central and Eastern European Software Engineering Conference Russia Moscow. – ACM New York, NY, USA, 2018.
6. Рыкунов, А. Н. Исследование инструментов морфологического анализа текстов на русском языке для повышения точности алгоритмов обработки в библиотеке JMorfSdk / А. Н. Рыкунов, Е. В. Полицына, С. А. Полицын, А. С. Поречный // Информатика: проблемы, методы, технологии. – 2022. – С. 1204-1212.
7. Korobov M. Morphological Analyzer and Generator for Russian and Ukrainian Languages // Analysis of Images, Social Networks and Texts. - 2015. - P. 320-332.
8. Официальный сайт АоТ. – Режим доступа – <http://aot.ru>. – (Дата обращения: 12.12.2021).
9. Официальная страница RussianMorphology. – Режим доступа – <https://github.com/AKuznetsov/russianmorphology>. – (Дата обращения: 12.12.2021).
10. Морфемика и словообразование русского языка: учебно-методическое пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки 44.03.01 Педагогическое образование профиль «Начальное образование» / сост. Хертек Л. К. – Кызыл: Изд-во ТувГУ, 2018. – 131 с.

# Интерфейс на основе нейросетевых языковых моделей для взаимодействия человека и робота на русском языке

А. Г. Сбоев, email: Sboev\_AG@nrcki.ru<sup>1,2</sup>

А. В. Грязнов<sup>1</sup>, Р.Б. Рыбка<sup>1</sup>, М.С. Скороходов<sup>1,2</sup>, И.А. Молошников<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт»

<sup>2</sup> Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**Аннотация.** *Разработка эффективных интерфейсных систем «человек-машина» для управления робототехническими устройствами при помощи естественного языка является востребованной задачей, в особенности в том случае, когда такое управление осуществляется оператором без специальной подготовки. В работе представлен процесс обработки сложных русскоязычных команд в формализованный RDF формат для управления робототехническим устройством с использованием языковых моделей на основе современной архитектуры трансформер. В данном процессе последовательно задействованы нейросетевые модели для поиска и замены местоимений, восстановления пропущенных глаголов, декомпозиции сложных команд на простые и классификации простых команд. С использованием реализованного в НИЦ «Курчатовский институт» симулятора робототехнической платформы продемонстрирована высокая эффективность процесса обработки сложных русскоязычных команд в составе управляющего интерфейса человека с робототехническим устройством.*

**Ключевые слова:** *взаимодействие человека и робота, обработка естественного языка, глубокое обучение.*

## Введение

Управление в полевых условиях, в том числе неопытными операторами требует создания гибкой и точной системы обработки команд на естественном языке в формализованный формат команд, распознаваемый робототехническим устройством. Представление команды может быть формализовано в виде логического представления или графа, отражающего семантические отношения между сущностями. Популярным формализованным форматом является семантическая графовая модель представления данных RDF [1]. Данный формат оперирует высказываниями вида «субъект» – «предикат» – «объект». Множество высказываний образует ориентированный граф с вершинами

«субъектами» и «объектами», а ребра отражают «предикаты». Главным отличием формализованного формата от естественного языка является отсутствие неоднозначностей толкования команды. Данное отличие ставит актуальную задачу построения системы обработки русскоязычных команд в формализованный формат, которая включает обработку анафор, свободного порядка слов, неологизмов, омонимии, синонимов и т.д.

Управление робототехническими устройствами на английском языке с применением нейросетевых языковых моделей представлено в ряде работ [2-5]. В работе [2] авторы используют нейросетевые модели с архитектурой LSTM [6] и BERT [7] для преобразования естественного языка в функции языка программирования Python для управления роботизированным манипулятором Dobot Magician [8]. Авторы показывают, что их метод работает лучше, чем обучение нейросетевых моделей прогнозированию действий робототехнической платформы напрямую.

В другой работе [3] используются языковые модели BERT [7] для классификации атрибутов команды и составления последовательности подзадач для управления виртуальным кухонным помощником. Данные модели входят состав модульной системы управления, которая способна управлять робототехнической платформой в отсутствие экспертных траекторий или низкоуровневых инструкций.

Работа [4] предлагает нейросетевой подход с использованием знаний большой языковой модели PaLM [9] для управления роботом от компании Everyday Robots [10]. Авторами проводится оценка полученного подхода на реальном робототехническом устройстве на ряде задач. В результате языковая модель PaLM справляется с двусмысленными и неоднозначными командами естественного языка.

Авторами [5] предложена адаптация на основе языковых моделей GPT-2 [11] и T5 [12] для обработки инструкции на естественном языке при управлении промышленными робототехническими устройствами. Показано, что предварительно обученная языковая модель может быть эффективно настроена для перевода вербальных инструкций в задачи робототехнического устройства лучше, чем методы семантического анализа.

В данной работе представлен метод глубокого обучения на основе языковых моделей с архитектурой трансформер для обработки русскоязычных команд в формализованный графовый формат RDF для управления робототехническим устройством. Данный метод включает модель для поиска и замены местоимений и нейросетевой интерфейс для обработки сложных русскоязычных команд [13], включающий этапы

восстановления пропущенных глаголов, декомпозиции сложных команд на простые и классификации атрибутов простых команд. В разделе 1 представлено описание данных, используемых при обучении моделей. В разделе 2 описаны архитектуры моделей. Раздел 3 описывает полный процесс обработки русскоязычной команды и точности при управлении робототехническим устройством.

### 1. Набор данных

**Синтетический набор данных.** Для обучения нейросетевых моделей поиска и замены местоимений, разделения сложных команд на простые и классификации атрибутов простых команд использовался разработанный нами генератор текстовых команд, описанный в работе [13] и модифицированный в этой работе. Данный генератор использует словари с синонимами и инструменты библиотеки `rumorphy2` [14] такие как, согласование слов с числительными и приведение слов в необходимую речевую форму. Модифицированный генератор выполняет следующие функции:

1. Создание множества команд на естественном языке на основе заданных шаблонов.
2. Составление для каждой команды векторного и маркированного представлений.
3. Создание множества сложных команд в виде последовательностей заданных шаблонов.

К простым командам относятся команды на естественном языке, которые состоят из одного типа действия. В общей сложности было составлено 16 шаблонов (см. табл. 1) на различные команды, которые поддерживаются робототехническим устройством. Для классификации атрибутов каждого типа команды генератор составляет векторное представление в зависимости от использованного шаблона и словаря синонимов. Помимо векторного представления генератор составляет маркированное представление, т.е. для каждого слова в сгенерированной команде на естественном языке ставится в соответствие маркер на основе словаря синонимов (см. табл. 2).

Таблица 1

*Шаблоны простых команд*

№	Описание команды	Примеры генератора
1	Патрулирование	Патрулируй
2	Прекращение выполнения	Стоп
3	Прерывание выполнения	Прервись



№	Описание команды	Примеры генератора
4	Продолжение выполнения	Продолжай
5	Движение в направлении	Двигайся вперед
6	Поворот в направлении	Поворачивай налево
7	Движение на кол-во метров	Проезжай вперед 2 метра
8	Поворот на кол-во градусов/часов	Поворачивай на 5 часов
9	Взаимодействие с объектом	Подъезжай к дереву
10	Взаимодействие с ближайшим объектом	Осмотри ближайшее дерево
11	Взаимодействие относительно 1 объекта	Осмотри камень, слева от дома
12	Взаимодействие относительно 2 объектов	Поезжай к человеку около дома рядом с деревом
13	Относительно робота	Иди к дереву справа от тебя
14	Направление взгляда	Поезжай к этому человеку
15	Патрулирование по пути	Патрулируй по 2 маршруту
16	Следование за объектом	Следуй за машиной

Таблица 2

*Векторное и маркированное представления*

Описание атрибута	Вектор	Маркер
Тип действия	0-14	A
Направления движения	0-8	D
Количество метров	0-12	M
Количество градусов	0-24	DS
Количество часов	0-24	HS
Тип объекта 1	0-16	O1
Модификатор ближайшего объекта	0-1	N
Отношение между объектом 1 и объектом 2	0-9	R1
Тип объекта 2	0-14	O2
Отношение между объектом 2 и объектом 3	0-9	R2
Тип объекта 3	0-14	O3
Отношение между объектом 1 и роботом	0-8	S
Модификатор направления взгляда	0-1	G
Вспомогательные слова	–	O

К сложным относятся команды на естественном языке, которые содержат последовательности простых команд. Всего было составлено 4

шаблона (см. табл. 3), которые включают последовательные команды, разделенные ключевыми словами, а также команды, использующие для связи местоимения.

Таблица 3

*Шаблон сложных команд*

№	Описание команды	Примеры генератора
1	Последовательные 2 команды	Поезжай к дому, потом направляйся к человеку
2	Последовательные 3 команды	Осмотри этот камень, далее подъезжай к дому, а потом найди человека
3	Команды «найди-подъезжай»	Найди дерево. За деревом человек, к которому нужно подъехать
4	Команды, связанные местоимением	Поворачивай к ближайшему дому и осматривай его

Дополнительно для задачи поиска и замены местоимений данные из генератора, в частности шаблон сложных команд с местоимениями, были модифицированы в соответствии с табл. 4.

Таблица 4

*Варианты разметки выходных данных для обработки местоимений*

№	Входная последовательность	Выходная последовательность
1	Подойди к дому и осмотри его	Команда: подойди к дому и осмотри дом
2	Поворачивай к этому человеку, осматривай его	Цель: человека его

Решение задачи поиска и замены местоимений в командах является частным случаем задачи кореференции (поиск анафор в тексте). Помимо набора данных (см. табл. 4) был подготовлен корпус в соответствии с соревнованием [15] используемый для оценки по метрикам кореференции. В данном соревновании каждому слову в тексте ставится в соответствие позиция слова Offset, количество символов Length и номер связи Chain ID.

**Набор данных, полученный в процессе краудсорсинга.** Тестирование нейросетевых моделей разделения сложных команд и классификации атрибутов осуществляется на наборе данных, собранном при помощи технологии краудсорсинга. Из синтетического набора данных выбрано 250 образцовых команд, после чего участникам

краудсорсинговой платформы было дано задание перефразировать данные команды (см. табл. 5) разными способами [13].

Таблица 5

*Сводка краудсорсинговых тестировочных команд*

Тип команды	Кол-во примеров
Команда без атрибутов	51
Движение в направлении	89
Движение к объекту	53
Движение к объекту относительно 1 объекта	130
Движение к объекту относительно 2 объектов	995

В дополнение к генератору команд были проведены сбор и разметка команд на естественном языке для обучения и тестирования классификатора атрибутов простых команд. Целевой группе участников были выданы инструкции, кратко описывающие команды, которые возможно использовать для управления робототехническим устройством. Для каждого вида простых и сложных команд участники составили по 100 примеров. В каждой инструкции был указан набор возможных атрибутов конкретной команды и примеры генератора (см. табл. 6).

Таблица 6

*Пример инструкции для участников*

Команда	Движение на кол-во метров в направлении
Возможные атрибуты команды	Действие: двигаться Направление: восток, направо, запад, налево Количество метров: 5 метров, 5 м
Шаблон	[действие]+[направление]+[количество метров]
Примеры генератора	Пойди на 2м; Поезжай на 24 м вперед;

**Открытые данные.** Для обучения модели восстановления пропущенных глаголов был использован набор данных с конференции Dialog-21 [16]. В наборе используются новостные, художественные и технические тексты, а также тексты из социальных сетей. Содержание набора данных представлено в табл. 7, в соответствии с [13]. Дополнительно были использованы ~115000 предложений с автоматической разметкой.

*Характеристика открытых данных*

<b>Предложения</b>	<b>Обучение</b>	<b>Тестирование</b>	<b>Валидация</b>
С пропусками	5542	680	1382
Всего	16406	2045	4142

**2. Методы**

**Поиск и замена местоимений.** Для решения данной задачи использовалась нейросетевая языковая модель `ruT5` с архитектурой трансформер, предназначенная для понимания и генерации текста. Была проведена настройка двух версий модели «`base`» и «`small`», отличающиеся количеством параметров. Настройка данных моделей проводилась по примерам из табл. 4.

Другая использованная модель с архитектурой трансформер – это модель на базе `ruBERT`, которая является адаптацией модели [17], основанной на модели кореференции под русский язык [18]. Данная модель взята из библиотеки `Tensorflow` [19] без изменения значений гиперпараметров. Для настройки данной модели использовалось представление данных по примеру следующему примеру:

Текст: [SPL] Иди к дому и осмотри его [SEP] → Связь: [3, 3] [6, 6]

**Восстановление пропущенных глаголов.** Для решения данной задачи использовался метод [20]. В основе данного метода применяется нейросетевая языковая модель обработки последовательностей текстов. Данная модель выполняет классификацию токенов входного текста по пяти классам: `cV`, `cR1`, `cR2`, `R1`, `R2`. Здесь `cV` - глагол (или предикат), который пропущен в следующих простых предложениях в составе сложного. `cR1` и `cR2` - корреляты из предложения без пропуска, которые синтаксически и семантически схожи с `R1` и `R2` - ремнантами из предложений с пропуском [13].

**Разделение сложной команды на простые.** Для решения данной задачи использовался классификатор токенов. В качестве классификатора используется нейросетевая языковая модель, которая определяет следующие классы [13]:

1. `O` – не относится ни к одной из команд.
2. `[SEP]` – является частью текущей команды.
3. `[CMD]` – относится к текущей команде.

**Классификация атрибутов простой команды.** Для решения данной задачи используются 2 нейросетевые языковые модели. Первая модель с топологией трансформер решает задачу классификации токенов. В задаче классификации используются значения векторов и

маркеров из табл. 2. После классификации токенов, из входной строки извлекаются подстроки для каждого из атрибутов.

Вторая модель с топологией трансформер решает задачу соотношения выделенных подстрок атрибутов со словарями этих атрибутов. Для каждого атрибута команды собран словарь, содержащий пары из фразы и значения атрибута. Все фразы словарей кодируются моделью. После этого, выделенные во входной строке атрибуты подаются на вход модели и каждый атрибут также получает один вектор. Этот вектор сравнивается с векторами соответствующего словаря из которого выбирается наиболее близкий вектор по косинусной близости.

Постобработка результатов моделей заключается в выборе максимальной косинусной близости среди всех фраз словаря с данным значением.

### 3. Эксперимент

Обработка команд на естественном языке включает последовательное выполнение следующих этапов: преобразование голосовой команды, поиск и замена местоимения в команде, разделение сложной команды на простые, восстановление пропущенных глаголов, получение атрибутов команды, составление RDF команды, отправка команды в мир робототехнического устройства.

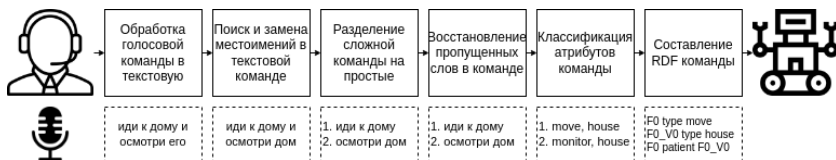


Рис. 1. Процесс обработки русскоязычной команды

Для анализа эффективности представленного решения была проведена оценка точности выполнения команд как с использованием поиска и замены местоимений в сложных командах, так и без данного шага. При оценке точности проверялись атрибуты команды, в основном класс объекта (см. табл. 8).

Таблица 8

Влияние замены местоимений при обработке команд оператора

Команда оператора	С заменой	Без замены
Иди к дому и осмотри его	1 house 2 house	1 house 2 human
Поверни к дереву и подойди к нему	1 tree 2 tree	1 tree 2 gaze

Таким образом, было проверено 1000 команд с местоимениями, используемых при оценке кореференции моделей (см. раздел 1). Данная проверка была проведена для каждой из описанных моделей в разделе 2 Поиск и замена местоимений. Точности правильного определения объекта в команде с местоимением представлены в табл. 9.

Таблица 9

*Оценка точности распознавания команд с местоимениями*

<b>Процесс обработки</b>	<b>Успешно обработанных команд, %</b>	<b>Среднее время обработки, с</b>
Ru-T5-small, текст команды	32.6	0.232
RuT5-base, текст команды	69.8	0.264
RuT5-small, объект-местоимение	95.4	0.132
RuT5-base, объект-местоимение	98.7	0.117
Без замены местоимений	5	0.044

### **Заключение**

Полученная система на основе нейросетевых языковых моделей позволяет эффективно обрабатывать сложные русскоязычные команды в формализованный RDF формат для управления робототехнической платформой. Данная система работает наиболее точно с моделью для поиска и замены местоимений ruT5-base, которая заменяет местоимение в исходной команде, вместо генерации полного текста команды. Проведенные исследования показывают, что поиск и замена местоимений существенно увеличивает точность интерпретации нейросетевого интерфейса на основе восстановления пропущенных глаголов, декомпозиции сложных команд на простые и классификации атрибутов простых команд.

### **Список литературы**

1. Brickley D. RDF Schema 1.1 / D. Brickley, B. McBride, R.V. Guha // W3C recommendation. – 2014. – Т. 25. – С. 2004.
2. Gubbi S.V. Translating Natural Language Instructions to Computer Programs for Robot Manipulation / S.V. Gubbi, R. Upadrashta, B. Amrutur // arXiv:2012.13695. – 2020.
3. FILM: Following Instructions in Language with Modular Methods / S. Y. Min [и др.] // arXiv:2110.07342. – 2021.
4. Do As I Can and Not As I Say: Grounding Language in Robotic Affordances / M. Ahn [и др.] // arXiv:2204.01691. – 2022.
5. Controlling Industrial Robots with High-Level Verbal Commands / C. Dongkyu [и др.] // ICSR 2021, Social Robotics. – 2021. – С. 216-226.

6. Hochreiter S. Long Short-term Memory / S. Hochreiter, J. Schmidhuber // *Neural computation*. – 1997. – Т. 9. – С. 1735-1780.
7. BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding / J. Devlin [и др.] // arXiv:1810.04805. – 2018.
8. DOBOT [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://en.dobot.cn/>
9. PaLM: Scaling Language Modeling with Pathways / A. Chowdhery [и др.] // arXiv:2204.02311. – 2022.
10. Everyday Robots [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://everydayrobots.com/>
11. Language Models are Unsupervised Multitask Learners / A. Radford [и др.] // OpenAI. — 2019.
12. Raffel C. Exploring the Limits of Transfer Learning with a Unified Text-to-Text Transformer / C. Raffel, N. Shazeer, A. Roberts // arXiv:1910.10683. — 2019.
13. Нейросетевой интерфейс конвертации сложных русскоязычных текстовых команд в формализованный графовый вид для управления робототехническими устройствами / А.Г. Сбоев [и др.] // Вестник Национального исследовательского ядерного университета МИФИ. – 2022. – Т.11 № 2. – С. 153-163.
14. Korobov M. Morphological Analyzer and Generator for Russian and Ukrainian Languages / M. Korobov // *Analysis of Images, Social Networks and Texts*. — 2015. — С. 320-332.
15. Ru-eval-2019: Evaluating anaphora and coreference resolution for Russian / E.A. Budnikov [и др.] // *Dialogue Evaluation*. – 2019.
16. Agr-2019: Automatic gapping resolution for Russian / I.M. Smurov [и др.] // *Computational Linguistics and Intellectual Technologies*. – 2019. – С. 561-575.
17. BERT for Coreference Resolution: Baselines and Analysis / M. Joshi [и др.] // *Proceedings of the 2019 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing and the 9th International Joint Conference on Natural Language Processing*. — 2019. — С. 5803-5808.
18. Sboev A. Deep Neural Networks Ensemble with Word Vector Representation Models to Resolve Coreference Resolution in Russian / A. Sboev, R. Rybka, A. Gryaznov // *Advanced Technologies in Robotics and Intelligent Systems*. — 2020. — С. 34-35.
19. Tensorflow [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.tensorflow.org/>

## Исследование алгоритмов анализа содержимого технической документации

А. С. Сергеев, e-mail: toljaserg7@mail.ru<sup>11</sup>

Московский Авиационный Институт (Национальный  
Исследовательский Университет)

**Аннотация.** *На основе требований ГОСТ Р 7.0.100-2018 разработаны методы определения типа цитируемого ресурса и определения корректности библиографических ссылок и библиографических списков в научно-технической документации.*

**Ключевые слова:** *цитирование, библиография, ссылки, источники, библиографическое описание, документация.*

### Введение

При разработке и поддержке научно-технической документации, авторам приходится уделять значительное количество своего времени не содержательной части работы, а оформлению документа согласно требованиям государственных стандартов, конкретных компаний, фирм, учебных учреждений, научных учреждений и т.п. И если корректное оформление шрифта, абзацев рисунков, диаграмм и пр. обычно не вызывает больших сложностей, то задачи по формированию списка аббревиатур или библиографического списка могут требовать не только значительных временных затрат, но и достаточной компетенции в данном вопросе.

Существует великое множество стилей оформления научно-технической документации, будь то Chicago, Harvard, LSNS или стиль ГОСТ РФ, и все они предъявляют различные требования к оформлению библиографических списков. Ввиду такого разнообразия, авторам, для обеспечения корректности оформления библиографического списка необходимо изучать официальную документацию, регламентирующую его оформление, однако зачастую авторы используют в т.ч. альтернативные источники информации, например, ресурсы в сети Интернет, которые не всегда корректно передают требования первоисточника. Западные стили цитирования, например, вышеупомянутые Chicago и Harvard, в большинстве своём имеют гораздо меньше обязательных для библиографической ссылки элементов, благодаря чему автоматизировать работу с ними гораздо



проще, когда как для отечественных государственных стандартов практически нет подобных решений.

На основании вышеизложенного актуальна задача разработки методов валидации библиографических ссылок и списков, с помощью которых можно было бы проверять корректность цитирования. Это может оказать положительное влияние на качество формируемых библиографических списков, а главное – способствовать экономии времени авторов, чтобы они могли уделить больше времени содержательной части работы.

### **1. Анализ типов цитируемых ресурсов и требований к ним**

Ввиду того, что требования к оформлению библиографических ссылок в рамках одного стиля различаются между собой ввиду разных типов цитируемых ресурсов, необходимо рассмотреть классификацию библиографических ссылок в документе по типам. Таким образом, необходимо отделить библиографическое описание статьи от, например, библиографического описания книги. Для такой классификации библиографических ссылок были разработаны два метода: прямой и гибридный.

1. Прямой метод – метод, согласно которому тип цитируемого ресурса определяется в результате нахождения в тексте библиографической ссылки ключевых слов, определённого порядка расстановки знаков препинания, либо сегментов библиографического описания, присущих исключительно этому типу цитируемого ресурса. Данный метод применим к таким типам цитируемых ресурсов, как:

– Диссертация либо автореферат диссертации. Определяется по словам «диссертация на соискание...» либо «автореферат диссертации на соискание...»;

– Законодательные материалы. Определяется по словам «принят \*\*\*\*\*; одобрен \*\*\*\*\*» или «утверждён \*\*\*\*\*»;

– Государственные Стандарты (ГОСТ). Определяются по наличию аббревиатуры «ГОСТ» в начале библиографической ссылки, словам «национальный стандарт Российской Федерации»;

– Патентные документы. Определяются по слову «Патент №» в начале библиографического описания;

– Газеты. Определяются по наличию последовательности символов «газета /»;

– Ресурсы в сети Интернет (сайты). Определяются по наличию последовательности символов «: сайт. -» сразу после области заглавия.

2. Гибридный метод – метод, согласно которому тип цитируемого ресурса определяется не только в результате нахождения в тексте библиографической ссылки ключевых слов, определённого порядка

расстановки знаков препинания, либо сегментов библиографического описания, присущих исключительно этому типу цитируемого ресурса, но и в результате проверки на отсутствие в тексте библиографического описания сегментов, данному типу цитируемого ресурса не присущих. Данный метод необходим для выделения из библиографического списка ссылок, тип которых невозможно определить прямым методом. К такому типу цитируемых ресурсов относятся статьи в научных журналах. Для соответствия данному типу цитируемого ресурса, библиографическая ссылка должна:

- Содержать последовательность символов «// » - признак многоуровневого библиографического описания;
- Содержать диапазон страниц журнала в конце библиографического описания, шаблон: «. - \*-\* с.» или «. – с. \*-\*»;

Не содержать следующего текста:

- «автореферат диссертации»
- «диссертация»
- «изд.», «Издание», «испр. и доп.» «исправленное и дополненное» и прочее, относящееся к книжным изданиям
- «ГОСТ», «Патент №» в начале библиографического описания
- «одобрен», «утверждён»
- «: сайт. -» сразу после заглавия
- Номера ISBN.

Методы применимы для наиболее популярных типов цитируемых ресурсов, так как используемые в ГОСТ редкие типы, например, «CD-диски» в настоящий момент практически не цитируются.

Основная сложность задачи классификации библиографических описаний заключается в том, что, например, в рамках требований ГОСТ Р 7.0.100-2018 области и сегменты библиографического описания подразделяются не только на «обязательные» и «факультативные», но и «условно-обязательные». Условно обязательный сегмент должен фигурировать в тексте библиографического описания, если информация, которая должна в нём содержаться, есть в наличии. Например, номера ISBN у книги иногда (редко) может и не быть, но во всех случаях, когда он есть, он обязателен для упоминания в библиографическом описании. Однако, авторы библиографических описаний нередко пользуются этой «условно обязательностью» и не добавляют такие сегменты библиографического описания вне зависимости от наличия нужной информации, и чисто технически это не является ошибкой в оформлении.

Таким образом, ни один метод классификации библиографического описания не может обеспечить 100% точность определения типа

цитируемого ресурса, однако вышеописанные методы обеспечивают необходимую точность для дальнейшей валидации библиографических ссылок.

## 2. Валидация библиографического описания

Для валидации библиографического описания необходимо составить шаблоны идеального описания для каждого типа цитируемого ресурса с учётом как обязательных, так и условно-обязательных элементов. Валидация факультативных элементов в большинстве случаев не представляется возможной, так как обычно строгого регламента по содержанию факультативных элементов нет, к тому же они довольно редко фигурируют в библиографическом описании на практике.

Элементы библиографического описания, соответственно, также надо классифицировать согласно ГОСТ Р 7.0.100-2018 для корректной валидации. Если нам известен тип цитируемого ресурса – «ссылка» (например, в результате классификации прямым методом), классифицировать области не является сложной задачей, так как в рамках ГОСТа элементы и области отделяются друг от друга конкретными последовательностями знаков препинания, они описаны на таблице 1.

Стоит также отметить, что далеко не все элементы библиографического описания возможно валидировать. В основном проверка корректности может быть осуществлена только для «технических» элементов, таких как количество страниц, ISBN/ISSN номер, DOI и т.п., однако и в оформлении библиографического описания основная сложность заключается не в составлении содержания его элементов, а как раз в расстановке знаков препинания между ними. А проверять корректность расставления знаков препинания согласно государственному стандарту возможно с помощью программных средств.

Таблица

*Предписанные знаки элементов библиографического описания*

Области описания	Предписанный знак	Элемент описания
Область заглавия и сведений об ответственности		Основное заглавие
	=	Параллельное заглавие
	;	Сведения, относящиеся к заглавию
	/ ;	Сведения об ответственности (первые   последующие)

## Окончание таблицы

Области описания	Предписанный знак	Элемент описания
Область издания	.-	Сведения об издании
	,	Дополнительные сведения об издании
Область публикации, производства, распространения, пр.	.-	Место публикации
	:	Имя издателя, производителя, распространителя
	,	Дата публикации
Область физической характеристики	.-	Сведения об объёме
Область примечания	.-	Сведения об электронном адресе
	.-	Остальные примечания
Область идентификатора	.-	Идентификатор ресурса
Область вида содержания и средства доступа	-   .	Вид содержания (первый   последующие)
	(начинается со строчной буквы)	Характеристика содержания
	:	Средство доступа

### Заключение

Описанные в статье методы классификации библиографического описания и его дальнейшей валидации позволяют облегчить работу по подготовке научно-технической документации, также значительно повысить качество библиографического описания и его соответствие требованиям стиля, в котором оформляется документ.

Методы классификации учитывают разнообразие типов цитируемых ресурсов и наличие нерегламентированных по содержанию элементов библиографического описания, кроме того, включают в также стратегию «от обратного», когда тип цитируемого ресурса ссылки определяется в том числе по отсутствию отдельных элементов.

Выделенные из ГОСТ Р 7.0.100-2018 требования к знакам препинания между областями и элементами библиографического описания позволяют не только определять типы элементов с достаточной точностью, но и проводить валидацию самих последовательностей знаков препинания.

### Список литературы

1. ГОСТ Р 7.0.100-2018. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления. Утвержден и введен в действие Приказом федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 03.12.2018

№1050-ст – URL: <http://docs.cntd.ru/document/12000161674> (дата обращения: 26.09.2021). – Текст: электронный.

2. Chicago Manual of Style. – 17th e.d. – Chicago: University of Chicago Press, 2017. – 1146 p.

3. Harvard System of Referencing Guide. - 6th e.d. – Leabharlann UCD, 2018. – 24 p.

4. ГОСТ 7.1-2003. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления. Принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации, протокол от 02.07.2003 №12-ст – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200034383> (дата обращения: 26.09.2021). – Текст: электронный.

5. ГОСТ Р 7.0.11-2011. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления. Утверждён и введён в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 13 декабря 2011 г. N 811-ст – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200093432> (дата обращения: 26.01.2021). – Текст: электронный.

# Нечеткая тематическая кластеризация коллекции коротких текстовых сообщений на основе латентного размещения Дирихле

А. В. Сычев, email: sav@cs.vsu.ru

Воронежский государственный университет

**Аннотация.** В докладе рассматривается проблема тематического моделирования для набора коротких текстовых сообщений без предварительной разметки на основе латентного размещения Дирихле (LDA). Выявленные в результате кластеризации неявные темы могут быть использованы для поиска эффективных тематических рубрикаторов или оценки уже существующих рубрикаторов. Подход на основе LDA позволяет решать одновременно три проблемы: вычисление числа тем, построение распределения частот слов (специфических для каждой темы) и определение тематики каждого текста в коллекции.

**Ключевые слова:** латентное размещение Дирихле, LDA, нечеткая кластеризация, лемматизация текста, модель "мешок слов", тематическое моделирование.

## Введение

Проблема построения корректной тематической модели актуальна для задач автоматической обработки больших коллекций текстовых сообщений.

Кластеризация может предоставить эксперту инструмент для более объективного выбора как тематических рубрик, так и ключевых слов, их характеризующих.

Выбор системы тематических категорий определяется следующими факторами:

- Любая документальная коллекция имеет ограниченный набор тем, что отражает как способ создания этой коллекции, так и специфику его предметной области.

- Если объем коллекции достаточно велик, то эксперту будет очень сложно оценить ее тематический охват и характер распределения текстов по тематикам для всей коллекции в целом.

Это затрудняет выбор адекватной тематической модели для данной коллекции и ее описание.

Среди известных алгоритмов кластеризации текстов можно выделить

- алгоритмы, основанные на вычислении функции расстояния между документами, например, итерационный алгоритм К-средних;
- иерархические алгоритмы;
- алгоритмы, основанные на принципе максимизации правдоподобия, например, вероятностного латентного семантического анализа (PLSA) [1] или основанные на методе латентного распределения Дирихле (LDA) [2].

Латентное размещение Дирихле (LDA) - это порождающая модель, применяемая в машинном обучении и информационном поиске, которая позволяет описывать результаты наблюдений с помощью неявных групп. С помощью LDA возможно выявление признаков сходства отдельных групп элементов в наборе данных. Применительно к коллекции текстовых документов, если наблюдениями являются слова, собранные в документы, с помощью LDA каждый документ можно представить в виде смеси небольшого количества тем. Таким образом, появление каждого слова в документе связано с одной из тем документа. LDA широко используется как один из методов тематического моделирования.

Метод на основе модели LDA применяется к терм-документной матрице  $MT$ , которая имеет размерность  $N \times W$ ,

где

- $N$  — количество документов в коллекции;
- $W$  — размер словаря, использованного в документальной коллекции.

LDA для матрицы  $MT$  и заранее выбранного числа тем  $T$  строит два распределения:

- распределение тем по текстам документов, которое задается матрицей вероятностей с размерностью  $N \times T$ ;
- распределение слов по темам, которое задается матрицей вероятностей с размерностью  $T \times W$ .

Значение ячейки матрицы "темы-документы" ("распределение тем по текстам") — это вероятность того, что тема  $\#i$  содержится в данном документе  $d_j$  (или доля темы в документе) —  $p(\text{topic}_i | d_j)$ .

Значение ячейки матрицы "термины-темы" ("распределение слов по темам") — это вероятность встретить в тексте с темой  $\#i$  слово  $w_k$ , т.е. вес, определяющий насколько слово  $w_k$  характерно для темы  $\#i$  —  $p(w_k | \text{topic}_i)$ .

В статье приводятся результаты эксперимента по нечеткой кластеризации тематическая кластеризация коллекции коротких текстовых сообщений на основе латентного размещения Дирихле.

### 1. Набор данных

Для проведения эксперимента была использована коллекция текстовых из 760 текстовых сообщений, размеченных экспертами как относящихся к 4 тематическим рубрикам: "медицина", "происшествия", "политика", "спорт". Более подробные характеристики коллекции приведены в работах [3], [4].

В результате предварительной обработки коллекции текстовых сообщений была сформирована матрица (таблица)  $MT$  "сообщения-термины". В качестве терминов были выбраны полученные в результате анализа сообщений по модели "bag-of-words" лемматизированные формы слов. Из общего числа извлеченных из всех сообщений лемм в размере 12 тысяч единиц для исследования в словарь были отобраны 600 терминов, у которых суммарная частота встречаемости  $TF_{total}$  по всей коллекции сообщений превышала пороговое значение. Значение элемента  $m_{ij}$  построенной матрицы  $MT$  рассчитывалось по схеме TF-IDF.

### 2. Описание эксперимента

В результате применения LDA к предварительно подготовленной матрице  $MT$  были сформированы матрицы распределения тем по текстам сообщений (матрица размера 760 x 4) и распределения терминов по темам (матрица размера 4 x 600).

Визуализация распределения тем по текстам сообщений представлена на рисунке 1. По горизонтальной оси отмечены тематики ( $t_1 - t_4$ ), выявленные в результате LDA, по вертикальной оси отмечены экспертные темы (#1 - #4), представленные в размеченной коллекции.

Видно, что подавляющая часть сообщений, относящихся к экспертным темам #1 ("медицина") и #3 ("политика"), были идентифицированы как относящиеся к одной общей тематике  $t_2$ . С другой стороны, сообщения из тем #2 ("происшествия") и #4 ("спорт") были идентифицированы как относящиеся к отдельным тематикам  $t_1$  и  $t_3$ . В тематике  $t_4$  оказались «маргинальные» сообщения, относящиеся по большей части к тематикам #1 и #4.

В таблице приведены списки терминов по тематикам  $t_1 - t_4$ , выбранные из матрицы распределения терминов по тематикам. Отбор терминов проводился по двум критериям:



- принадлежность термина  $w_k$  к тематике  $topic_i$  определялась по индексу максимального элемента в строке, соответствующей термину  $w_k$ .
- из сформированного списка терминов из тематики  $topic_i$  после их ранжирования по величине коэффициента скоса (в порядке убывания значений) выбирались первые 10 из них.

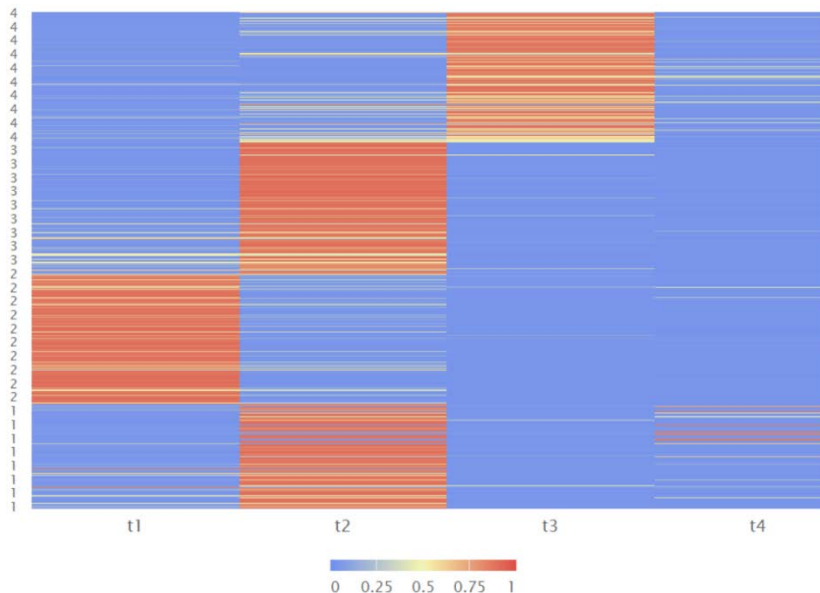


Рис. 1. Визуализация матрицы распределения сообщений по темам с помощью инструмента «тепловая карта»

Таблица

*Списки терминов по темам*

Тема	Термины
1	водитель, авария, женщина, погибнуть, случиться, девочка, обстоятельство, очевидец, происшествие, следователь
2	рубль, глава, губернатор, гусев, развитие, правительство, млн, должность, заместитель, заболевание
3	команда, клуб, матч, игра, сезон, фнл, тренер, чемпионат, соревнование, первенство
4	гриб, отравление, штрафной, илья, пробить, хозяин, синебелый, неделя, тайм, ворота

## **Заключение**

Применение LDA к коллекции текстовых сообщений позволяет провести одновременную тематическую оценку сообщений и терминов словаря.

Формируемые матрицы распределения тем по текстам сообщений и распределения терминов по темам предоставляют исследователю удобный инструмент для анализа и диагностики тематических моделей коллекции текстов.

Результаты анализа, получаемые с помощью LDA, в целом согласуются с результатами кластерного анализа на основе других методов.

Вероятности (веса), полученные в матрицах LDA, можно рассматривать как новые атрибуты сообщений и терминов при решении задач классификации и кластеризации текстов и терминов.

## **Список литературы**

1. Hofmann, T. Probabilistic latent semantic analysis // Proceedings of the 22nd annual international ACM SIGIR conference on research and development in information retrieval. New York: ACM, 1999, pp. 50–57.
2. Blei, D.M., Ng, A.Y., Jordan, M.I. Latent Dirichlet allocation // Journal of Machine Learning Research. 2003. Vol. 3, pp. 993–1022.
3. Sychev A. An Approach to Processing News Text Messages Based on Markeme Analysis // Supplementary Proceedings of the XXIII International Conference on Data Analytics and Management in Data Intensive Domains (DAMDID/RCDL 2021). - Moscow, Russia, October 26-29, 2021. pp. 313-324 [Электронный ресурс]: статья. – Режим доступа: <http://ceur-ws.org/Vol-3036/paper25.pdf>.
4. Сычев А. В. Формирование иерархии тематических рубрик на основе кластеризации терминов для коллекции текстовых / А.В. Сычев // Информатика: проблемы, методология, технологии: сборник материалов 22-й международной научно-методической конференции им. Э. К. Алгазинова, Воронеж, 10-12 февраля 2022 г. — Воронеж, 2022. — С. 1213-1218.

## Создание русскоязычного корпуса аспектов аргументации

И. Н. Фищева, e-mail: fishchevain@gmail.com

Т. А. Пескишева, e-mail: peskisheva.t@mail.ru

В. С. Головизнина, e-mail: golovizninavs@gmail.com

Е. В. Котельников, e-mail: kotelnikov.ev@gmail.com

ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»

**Аннотация.** *Рассматривается процедура создания первого русскоязычного текстового корпуса с разметкой по аспектам аргументации. Под аспектом понимается слово или словосочетание, указывающее на одну из сторон или свойство целевого объекта, упоминаемого в утверждении, входящем в состав аргумента. Размеченный корпус позволит обучать нейросетевые модели классификации аргументов по аспектам, а также создавать модели генерации аргументативных текстов, содержащих заданные аспекты.*

**Ключевые слова:** *анализ аргументации, аспекты аргументов, глубокие нейросетевые модели.*

### Введение

Анализ аргументации (argument mining) – это область компьютерной лингвистики, которая посвящена извлечению из текстов и классификации аргументов и связей между ними, а также построению аргументационной структуры [1].

Под аргументом понимается логическая структура, включающая в качестве ключевых компонентов основное утверждение и один или несколько доводов [2]. Основное утверждение отражает в текстовом виде определенную точку зрения (позицию) относительно целевого объекта. Доводы могут поддерживать или опровергать точку зрения, выраженную в основном утверждении. В первом случае довод отражает позицию «за» данную точку зрения, во втором случае – «против». При этом каждый довод описывает один или несколько аспектов целевого объекта [3]. Аспект определяется как слово или словосочетание, указывающее на одну из сторон или свойство целевого объекта, упоминаемого в заданном утверждении. Например, для целевого объекта «Электромобили» возможными аспектами могут быть «Удобство и комфорт», «Надежность», «Экологичность», «Стоимость».

Рассмотрим пример аргумента относительно целевого объекта «Электромобили» в соответствии с описанной терминологией. Пусть

основное утверждение имеет вид: «Электромобили лучше обычных авто». В этом утверждении выражена позиция «за» относительно целевого объекта. В качестве довода в поддержку данной позиции можно использовать высказывание «Стоимость батарей только за последние четыре года снизилась более чем в два раза» – в этом высказывании упоминается аспект «Стоимость». Пример довода «против»: «Отсутствие развитой сети электрозаправочных станций является одной из причин медленного развития электромобилей в России» – здесь обсуждается аспект «Удобство и комфорт».

Обработка аргументации с учетом аспектов представляет собой более глубокий уровень анализа по сравнению с выявлением только доводов «за» и «против». Аспектно-ориентированный анализ аргументации позволяет осуществлять поиск, ранжирование, классификацию и генерацию аргументов в точном соответствии с потребностями пользователя [3, 4]. Соответствующие программные инструменты могут применяться в ходе деловых совещаний для убеждения оппонентов, в образовании при анализе и оценке аргументации в студенческих эссе, в научной работе в ходе анализа аргументов в заданной области исследований.

Однако, большинство работ в области извлечения аргументации проводятся на материале английского языка; исследований для русского за последние годы было немного [5–8]. Кроме того, насколько нам известно, работы в области аспектно-ориентированного анализа аргументации для русского языка отсутствуют.

В настоящей статье описывается создание первого русскоязычного текстового корпуса с разметкой по аспектам аргументации. Корпус предоставлен в общий доступ: <https://github.com/kotelnikov-ev/RuArgumentMining>.

### **1. Отбор потенциальных аргументов**

Процесс создания корпуса включал два основных этапа – отбор предложений, потенциально содержащих аргументы, и разметка отобранных предложений.

С целью организации поиска качественных аргументов была создана база данных на основе информационно-поисковой системы Elasticsearch [9], включающая русскоязычную Википедию (3 994 609 документов) и корпус новостей Lenta.ru (<https://github.com/yutkin/Lenta.Ru-News-Dataset>) (800 976 документов).

Спектр тематик потенциальных аргументов был определен с использованием сайта ВЦИОМ (<https://wciom.ru>), на котором публикуются аналитические социологические обзоры по актуальным для современного российского общества темам. В результате был

сформирован перечень из 17 тематик (см. таблицу 1), таких как «Пенсионные сбережения», «Детские гаджеты» и «Донорство крови». Для каждой тематики был сформулирован дискуссионный вопрос (например, «Надо ли откладывать деньги на пенсию?») и утверждение, относительно которого осуществляется разметка аргументов (например, «Нужно делать пенсионные сбережения»).

С целью поиска потенциальных аргументов для каждой тематики был подготовлен список поисковых запросов. В результате выполнения данных поисковых запросов в информационно-поисковой системе Elasticsearch была собрана коллекция, включающая 520 документов. Дубликаты статей исключались. Собранные документы были подвергнуты сегментации на предложения при помощи библиотеки Razdel проекта Natasha (<https://natasha.github.io/razdel>).

Для автоматической классификации предложений на два класса – «аргумент» / «не аргумент» была обучена нейросетевая модель ArgBERT, основанная на предобученной модели sbert\_large\_mt\_nlu\_ru ([https://huggingface.co/sberbank-ai/sbert\\_large\\_mt\\_nlu\\_ru](https://huggingface.co/sberbank-ai/sbert_large_mt_nlu_ru)). Обучение ArgBERT осуществлялось с использованием переводных версий англоязычных корпусов ArgMicro, Persuasive Essays и UKP Sentential Argument Mining Corpus [8]. Модель ArgBERT предоставлена в общий доступ: <https://github.com/kotelnikov-ev/RuArgumentMining/tree/main/ArgBERT>.

В результате классификации предложений было выделено в качестве потенциальных аргументов 15,4% от общего количества найденных предложений. Для разметки случайным образом были отобраны ровно 5000 потенциально аргументативных предложений с сохранением пропорции по тематикам, полученной исходно в ходе поиска.

## 2. Разметка аспектов

На следующем этапе осуществлялась разметка предложений по аргументам, которую выполняли три аннотатора. Разметка осуществлялась по трем параметрам: 1) является ли предложение аргументом по отношению к заданному утверждению; 2) если предложение является аргументом, то выражена позиция «за» или «против»; 3) если предложение является аргументом, то какой упоминается аспект. В качестве аргументационных аннотаторы рассматривали такие предложения, которые потенциально могут быть использованы для убеждения оппонента в дискуссии относительно данного утверждения.

Было выделено 20 универсальных аспектов, каждый из которых мог относиться к любой рассматриваемой тематике, например,

«Безопасность», «Влияние на здоровье», «Стоимость». Полный перечень аспектов приведен по ссылке: <https://github.com/kotelnikov-ev/RuArgumentMining/tree/main/AspectCorpus>.

Результатом разметки стал корпус, состоящий из 5000 предложений, 548 из которых размечены минимум двумя аннотаторами как аргументационные. Распределение предложений по тематикам приведено в таблице 1.

Таблица

*Распределение аргументационных предложений по тематикам*

Тематика	Википедия	Lenta.ru	Всего	
			Кол-во	%
Криптовалюта	145	53	198	36,1%
Детские гаджеты	50	24	74	13,5%
Электромобили	27	39	66	12,0%
Пенсионные сбережения	29	12	41	7,5%
Супермаркеты и продуктовые рынки	18	12	30	5,5%
Удаленная работа	12	15	27	4,9%
Покупки в интернете	11	9	20	3,6%
Донорство крови	18	0	18	3,3%
Детские видеоблоги	17	0	17	3,1%
Шугеры	0	15	15	2,7%
Бумажные и электронные книги	5	8	13	2,4%
Киберспорт	11	0	11	2,0%
Онлайн-образование	7	2	9	1,6%
Фриланс	8	1	9	1,6%
Детские лагеря	0	0	0	0,0%
Свободные деньги	0	0	0	0,0%
Электросамокаты	0	0	0	0,0%
<b>Всего</b>	<b>358</b>	<b>190</b>	<b>548</b>	<b>100,0%</b>

Согласие между аннотаторами, вычисленное по метрике Fleiss' карра [10], составляет для корпуса Lenta.ru – 0,6458, для Википедии – 0,6249, в целом – 0,6427, что соответствует значительной (substantive) степени согласия [11].

Для одного аргументационного предложения аннотатор мог выделить от одного до трех аспектов. В результате для 548 аргументационных предложений было выделено 847 аспектов. Наибольшее количество аспектов отобрано для тематик «Криптовалюта» (327), «Электромобили» (106) и «Детские гаджеты»

(92). Аспекты с максимальным количеством предложений: «Безопасность» (133 предложения), «Надежность» (90 предложений), «Удобство и комфорт» (88 предложений).

### **Заключение**

Таким образом, основной результат работы – первый русскоязычный текстовый корпус с разметкой по аспектам аргументации, предоставленный в общий доступ. Корпус содержит 5000 предложений из русскоязычной Википедии и корпуса новостей Lenta.ru.

Размеченный корпус позволит обучать нейросетевые модели классификации аргументов по аспектам, а также создавать модели генерации аргументативных текстов, содержащих заданные аспекты.

Также обучена нейросетевая языковая модель ArgBERT, позволяющая осуществлять бинарную классификацию предложений на «аргумент» / «не аргумент».

### **Благодарности**

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-21-00885, <https://rscf.ru/project/22-21-00885/>.

### **Список литературы**

1. Lawrence, J. Argument Mining: A Survey / J. Lawrence, C. Reed // *Computational Linguistics*. – 2020. – Vol. 45(4). – P. 765–818.
2. Stede, M. Argumentation Mining. Synthesis Lectures on Human Language Technologies / M. Stede, J. Schneider. – Morgan & Claypool Publishers, 2018.
3. Schiller, B. Aspect-Controlled Neural Argument Generation / B. Schiller, J. Daxenberger, I. Gurevych // *Proceedings of the 2021 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies*. – 2021. – P. 380–396.
4. Ruckdeschel, M. Boundary Detection and Categorization of Argument Aspects via Supervised Learning / M. Ruckdeschel, G. Wiedemann // *Proceedings of the 9th Workshop on Argument Mining*. – 2022. – P. 126–136.
5. Salomatina, N. Identification of connected arguments based on reasoning schemes “from expert opinion” / N. Salomatina, I. Kononenko, E. Sidorova, I. Pimenov // *Journal of Physics: Conference Series*. – 2021. – Vol. 1715.
6. Kononenko, I. The Study of Argumentative Relations in Popular Science Discourse / I. Kononenko, E. Sidorova, I. Akhmadeeva // *RCAI 2020: Artificial Intelligence*. – 2020. – P. 309–324.

7. Fishcheva, I. Cross-lingual argumentation mining for Russian texts / I. Fishcheva, E. Kotelnikov // *Lecture Notes in Computer Science*. – 2019. – Vol. 11832. – P. 134–144.
8. Fishcheva, I. Argumentative Text Generation in Economic Domain / I. Fishcheva, D. Osadchiy, K. Bochenina, E. Kotelnikov // *Computational Linguistics and Intellectual Technologies: Papers from the Annual International Conference “Dialogue-2022”*. – 2022. – Issue 21. – P. 211–222.
9. Gormley, C. *Elasticsearch: The definitive guide: A distributed real-time search and analytics engine* / C. Gormley, Z. Tong. – O’Reilly Media Inc., 2015.
10. Fleiss, J.L. Measuring nominal scale agreement among many raters / J.L. Fleiss // *Psychological Bulletin*. – 1971. – Vol. 76(5). – P. 378–382.
11. Artstein, R. Inter-Coder Agreement for Computational Linguistics / R. Artstein, M. Poesio // *Computational Linguistics*. – 2008. – Vol. 43(4). – P. 555–596.



# Система распознавания жестов в реальном времени с использованием MediaPipe

М. В. Хнюнин, email: xnyunin.2016@stud.nstu.ru

М. Г. Гриф, email: grifmg@mail.ru

Новосибирский государственный технический университет

**Аннотация.** *Рассмотрены существующие разработки распознавания жестов при помощи компьютерного зрения, оценены возможности применения библиотеки MediaPipe для решения задачи распознавания жестовой речи, разработан подход, позволяющий распознавать русскую жестовую речь в реальном времени с одной камеры, без дополнительного оборудования.*

**Ключевые слова:** *распознавание жестов, русский жестовый язык, реальное время, MediaPipe.*

## Введение

Существует множество сфер, где требуется распознавать жесты рук, показываемые человеком: управление вспомогательными роботами в медицине [1], удалённое управление станками на производствах в условиях повышенного шума, когда неприменимо голосовое управление, или в строительстве для управления автоматическими кранами, в автомобилях для реализации управления функционалом без отведения взгляда водителя от дороги [2], а также в индустрии интерактивных развлечений и управлении домашними бытовыми приборами, в том числе различными мультимедийными системами и телевизорами [3]. Однако, самым востребованным, и в то же время сложным в реализации является распознавание жестовой речи для преодоления коммуникативного барьера между людьми с ограниченными возможностями по слуху и теми, кто не знает жестовый язык. На данный момент для общения глухого и слышащего требуется сурдопереводчик, чьи услуги платные и вносят в общение дополнительные неудобства от посредничества, т.к. не может быть соблюдена конфиденциальность диалога. Существуют иные способы общения людей, такие как текстовая переписка, но это значительно медленнее общения жестовым языком и создаёт дополнительный дискомфорт для людей с ограниченными возможностями. Уже разработаны системы, способные генерировать движения виртуального аватара для преобразования текста в жестовую речь, но распознавание

непрерывной жестовой речи компьютером остаётся не решённой задачей. Основную сложность вызывает то, что нельзя придумать наиболее простые для распознавания статические жесты, а нужно распознавать уже существующий жестовый язык, который отличается в разных странах. К тому же, использование дополнительного оборудования, такого как датчики глубины или специальные перчатки не позволит добиться повсеместной применимости системы, она должна работать посредством простой камеры, например в смартфоне, и производить распознавание в реальном времени с учётом низкой ресурсоёмкости мобильных устройств. Все эти ограничения усложняют задачу распознавания жестовой речи и требуют иных подходов, нежели в задачах автоматизации управления жестами.

### **1. Анализ существующих разработок**

Существующие разработки в области распознавания жестов можно разделить на три основные категории: использующие специальные перчатки и браслеты для считывания жестов, использующие стереокамеры, а также системы из камер и датчиков глубины, такие как Microsoft Kinect, и системы, основанные только на компьютерном зрении с использованием одной камеры [3]. При этом важнейшими параметрами данных систем является точность распознавания жестов и производительность. Также на точность значительно влияет качество изображений, освещённость в кадре, сложность фона и специфичность условий применения, под которые адаптирован алгоритм. Кроме этого, при распознавании непрерывного жестового языка возникает проблема коартикуляции в жестовых языках, которую никто до сих пор не может полностью решить [4].

Распознавание кисти руки и её положения в пространстве – это лишь первый этап. Далее следует классификация жестов. Для этого также может быть использована свёрточная нейросеть как для анализа всего изображения, так и для координат ключевых точек пальцев рук или нормализованного положения скелета руки. Но в случае с базовыми свёрточными нейронными сетями, возможно анализировать лишь каждый кадр по отдельности и для распознавания динамических жестов следует анализировать целый временной промежуток, например при помощи сетей долгой краткосрочной памяти (англ. Long short-term memory; LSTM), как представлено в недавней работе индийских исследователей [5]. Но такой подход очень ресурсоёмкий и даже при распознавании всего 10 жестов отстает от реального времени при работе на базе персонального компьютера. Таким образом, остаётся лишь оптимизация применения нейронных сетей за счёт снижения числа значимых компонент при классификации, а также за счёт использования

больших объёмов данных для обучения; или алгоритмические подходы, где сложность классификации уменьшается за счёт предварительного аналитического анализа жеста и использования различных нейросетей для разных подклассов жестов или их компонент. Но на данный момент нет доступной информации о разработках, использующих такой подход т.к. он требует совершенно иного подхода к построению массива данных для обучения.

## 2. Возможности применения библиотеки MediaPipe

В рамках поставленной задачи приемлемо использование лишь тех подходов, которые для распознавания руки используют одну камеру, направленную на человека, показывающего жесты. Из существующих разработок, предназначенных для поиска рук в кадре и распознавания их положения наиболее развитым является программное решение от компании Google – MediaPipe [6]. Кроме этого, данная библиотека позволяет определять как само наличие человека в кадре, так и позу его тела и ключевые точки мимики лица. Это важно, т.к. в русской жестовой речи большое значение имеет то, где именно относительно тела и лица показывается жест, какие при этом происходят касания как рук относительно друг друга, так и рук с телом и лицом. А в исследовании учёных университета Оксфорда [4] особое внимание уделено мимике губ и выражению эмоций во время распознавания британской жестовой речи, что также приемлемо и для РЖЯ. Поэтому применение библиотеки MediaPipe позволяет значительно упростить предварительный сбор данных из кадра, которые требуются для последующей классификации жеста, и такие решения уже существуют, например, в упомянутой выше работе с использованием сети долгой краткосрочной памяти [5].

## 3. Существующие массивы данных для обучения

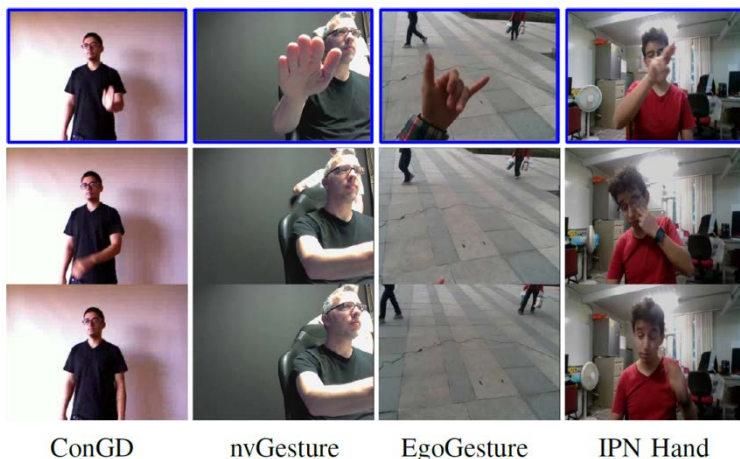
В задачах распознавания жестов существует множество массивов данных, однако все они предназначены для определённого типа задач. Наиболее популярные из них представлены в таблице.

Таблица

*Общедоступные массивы данных с жестами рук*

Массив данных	Экземпляры	Видео	Классы	Сцены
ChaLearn ConGD	47,933	22,535	249	15
nvGesture	1,532	1,532	25	1
EgoGesture	24,161	2,081	83	6
IPN Hand	4,218	200	13	28

Из представленных массивов в таблице, первый, ChaLearn ConGD достаточно обширный, но в нём данные по китайскому жестовому языку и его диалектам; второй массив из таблицы предназначен для управления функциями автомобиля и данные в этом массиве представляют собой видео в соответствующем ракурсе [2]; третий массив записан от первого лица, а последний содержит лишь 13 классов, т. е. всего 13 распознаваемых жестов. Примеры этих массивов представлены на рис. 1.



*Рис. 1.* Примеры общедоступных массивов данных с жестами рук

Т.к. задачей нашей работы является распознавание жестов русского жестового языка, рассмотрим отечественные разработки. Наиболее развитой на данный момент является разработка компании «SberDevices», массив HaGRID (HAnd Gesture Recognition Image Dataset). Данный массив был собран и размечен в течении нескольких месяцев с помощью краудсорсинг платформ «Яндекс Толока» и «АВС Элементари». При этом за использования этих платформ для создания массива из 552992 изображений компания заплатила более 50000\$. И это для обучения системы распознавания лишь 18 жестов, используемых для управления телевизором [7].

Русский жестовый язык (РЖЯ) обширен и неизвестно точное число существующих жестов. На данный момент разрабатывается документация по стандартизации, и можно сделать вывод, что создание массива данных для обучения свёрточной нейронной сети, способной

распознавать хотя бы наиболее используемые в РЖЯ жесты, требует слишком большого числа ресурсов. Таким образом, при всех условиях задачи, реализуемым является подход с предварительным аналитическим анализом и распределением жестов на несколько подклассов для использования различных нейросетей для разных подклассов жестов.

#### **4. Предлагаемый подход**

В связи с тем, что существующие решения для распознавания некоторых динамических жестов оказываются ресурсоёмкими, а достаточных для обучения массивов данных с фотографиями и видео жестов из РЖЯ не существует, было принято решение разделить задачу на несколько основных этапов, выполняемых для распознавания:

1. Определение положения руки, тела и лица посредством библиотеки MediaPipe, а именно модулей «Holistic» и «Hands». Проверка на реалистичность распознанного положения пальцев также проводится посредством функционала библиотеки MediaPipe.

2. Оптимизация собранных данных за счёт сокращения числа переменных, а именно перехода от 21 ключевой точки с координатами в трёх плоскостях к 15 углам сгиба пальцев и двум параметрам - градусам поворота и наклона запястья. А также два дополнительных параметра – расстояния от запястий руки до груди и до лица человека. Итого 19 численных значений для одной руки и 38 значений для двух рук вместо 1629 и 1660 соответствующих численных значений, предоставляемых используемыми модулями библиотеки MediaPipe.

3. Предварительная классификация жеста в текущем кадре на основе сравнения с предыдущим распознанным жестом для выявления четырёх основных состояний и 14 соответствующих вариантов с учётом всех направлений: статичное положение, вращение по вертикали и горизонтали в каждую сторону, движение и его направление (одно из 6), а также касания (с грудью, с лицом, со второй рукой). Таким образом, в результате данного этапа определяются основные составляющие жестов для последующей классификации.

4. Классификация жеста на основе нейросети, обученной для соответствующего подкласса, определённого на предыдущем этапе за счёт выделения ключевых компонент.

Таким образом, при выполнении всех четырёх этапов может быть реализована система распознавания русской жестовой речи, которая будет достаточно ресурсоёмкой, чтобы работать на базе мобильных устройств и персональных компьютеров в реальном времени.

## Заключение

Работа по распознаванию жестов РЖЯ на данный момент находится на этапе сбора видео материалов с жестами, и их классификация для распределения на подклассы, основываясь на ключевых компонентах жестов. Основной сложностью является выявление оптимального числа подклассов с минимальным пересечением для последующего обучения отдельных нейронных сетей жестам из каждого подкласса. Для этого предстоит определить значимость каждой компоненты жеста в общей классификации.

## Список литературы

1. Amsterdam, B. Gesture Recognition in Robotic Surgery: a Review / B. Amsterdam, M. Clarkson, D. Stoyanov / IEEE Transactions on Biomedical Engineering. – 2021. – Volume 68. – Issue 6. – P. 2021-2035.
2. Online Detection and Classification of Dynamic Hand Gestures with Recurrent 3D Convolutional Neural Networks / P. Molchanov et al. // IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). – 2016. – P. 4207–4215.
3. Oudah, M. Hand Gesture Recognition Based on Computer Vision: A Review of Techniques / M. Oudah, A. Al-Naji, J. Chahl // Journal of Imaging. – 2020. – Volume 6. – Issue 8. – P. 73-102.
4. BSL-1K: Scaling up co-articulated sign language recognition using mouthing cues [Электронный ресурс] / S. Albanie et al. // European Conference on Computer Vision. – 2020. – Режим доступа: <https://arxiv.org/abs/2007.12131>.
5. Real-Time Hand Gesture Recognition System Using MediaPipe and LSTM / S. Agrawal, et al. // International Journal of Research Publication and Reviews. – April 2022. – Volume 3. – No 4. – P. 2509-2515.
6. MediaPipe Hands: On-device Real-time Hand Tracking [Электронный ресурс] / Fan Zhang et al. // CVPR Workshop on Computer Vision for Augmented and Virtual Reality, Seattle, WA, USA. – 2020. – Режим доступа: <https://arxiv.org/abs/2006.10214>.
7. Kapitanov, A. HaGRID – HAnd Gesture Recognition Image Dataset [Электронный ресурс] / A. Kapitanov, A. Makhlyarchuk, K. Kvanchiani // Computer Vision and Pattern Recognition. – 2022. – Режим доступа: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2206.08219>.

# Классификация задач компьютерной лингвистики для создания инструмента по управлению потоками задач

П. А. Чересов, email: veterok.email@mail.ru

Московский Авиационный Институт

**Аннотация.** В статье рассматриваются задачи компьютерной лингвистики и их разделение на базовые и прикладные. Распределение проводится с целью создания инструмента по управлению потоками задач, связанных с компьютерной лингвистикой. Он позволит снизить нагрузку на оборудование при наличии большого количества задач различной сложности.

**Ключевые слова:** компьютерная лингвистика, анализ текста, прикладные задачи компьютерной лингвистики, задачи этапов анализа текста

## Введение

В настоящее время накопилось очень большое количество текстовой информации на естественных языках. В связи с этим всё больше возрастает потребность автоматизации ее обработки. Решением этих задач занимается наука компьютерная лингвистика (КЛ) [1].

КЛ занимается разработкой теоретических основ и созданием алгоритмов и программного обеспечения (ПО) для решения языковых задач, обработкой текста на естественных языках и оптимизацией человеко-машинного взаимодействия [3]. Одним из самых важных направлений КЛ является автоматизированный анализ текста, который принято разделять на следующие этапы:

1. Графематический анализ – выделение из текста синтаксических и структурных единиц: абзацы, предложения, слова и знаки препинания.

2. Морфологический анализ – приведение слов к нормальной форме и назначение им соответствующих параметров таких как: часть речи, род, падеж, время и т. д.

3. Предсинтаксический анализ – разделение одной лексической единицы на несколько синтаксических и наоборот, а также проведение синтаксической сегментации.

4. Синтаксический анализ – определение роли слов и их связей друг с другом. Результат возвращается в виде набора деревьев [2].

5. Постсинтаксический анализ – нормализация полученных деревьев, т.е. сведение конструкций, выражающих одну и ту же мысль разными способами на разных языках, в одному и тому же виду.

6. Семантический анализ – выявление смысла слов и формирование между ними семантических связей.

Отдельным направлением КЛ является генерация текста, она используется при создании ответа пользователю, например, при переводе различных документов или в ходе диалога, т.е. в ходе выполнения прикладных задач КЛ.

С возрастанием поступающей информации на обработку и требуемого качества результатов увеличивается и нагрузка на оборудование. Это может привести к тому, что новые задачи невозможно будет начать или завершить, из-за того, что какая-то одна из них может занимать все ресурсы оборудования.

Решением этой проблемы является создание инструмента по управлению потоками задач, ориентированного на автоматическую обработку текстов на естественном языке. Необходимость создания отдельного инструмента заключается в сложности определения необходимых ресурсов для решения прикладных задач КЛ, т.к. это в большой степени зависит от входных данных – текстов с различным количеством предложений, слов, омонимов всех типов, разной синтаксической структуры и т.д., а не от размера файла с исходным текстом. Для этого необходимо проанализировать и классифицировать задачи КЛ с точки зрения вычислительной сложности.

## **2. Определение классов задач**

Каждый из этапов анализа текста включает в себя набор специфических задач, например, выделение отдельных слов для графематического анализа, или разрешение морфологической омонимии для морфологического анализа. В рамках работы такие задачи называются базовыми. Практически любая прикладная задача КЛ реализуется с их применением.

Под прикладной задачей понимается набор отдельных базовых задач или некоторый специфический алгоритм, работающий с текстовыми данными, полученными в результате обработки на предыдущих этапах, с целью получения практически ценного результата. Они также могут включать в себя другие прикладные задачи.

Существуют следующие наиболее востребованные прикладные задачи КЛ:

- Машинный перевод.
- Автоматическое аннотирование текстов.
- Автоматическое извлечение ключевых слов.



- Информационный поиск.
- Реферирование текстов.
- Автоматизация создания и редактирование текстов.
- Генерация текстов на ЕЯ.
- Формирование ответов на вопросы.
- Организация диалога на ЕЯ.
- Извлечение информации из текстов.
- Классификация и кластеризация текстов.
- Анализ мнений и оценка тональности текстов.

Из этого списка в данной статье были проанализированы три задачи: автоматическое аннотирование текстов, автоматическое извлечение ключевых слов и информационный поиск.

### **3. Выделение базовых задач этапов анализа текста**

На каждом этапе анализа текста выполняется ряд базовых задач:

1. Графематический этап анализа текста преимущественно содержит задачи, направленные на выделение синтаксических и структурных единиц. В основном эти единицы составляют: абзац, предложения, слова и знаки препинания.

2. Морфологический этап анализа текста содержит такие базовые задачи, как определение нормальной формы слова, определение набора параметров для слова и разрешение морфологической омонимии. Набор параметров для слова включает следующее: часть речи, род, падеж, число, спряжение, склонение, время и т.д. Морфологические омонимия – это ситуация, когда одному слову можно соответствует несколько наборов морфологических характеристик.

3. Предсинтаксический этап анализа текста содержит такие базовые задачи, как: объединение отдельных лексических единиц, разделение одной лексической единицы, свёртка числительных и синтаксическая сегментация. Синтаксическая сегментация – это выделение фрагментов предложения, которые можно разобрать независимым образом [2].

4. Синтаксический этап анализа текста содержит следующие такие базовые задачи, как определение синтаксической роли слов и синтаксических связей между ними.

5. Постсинтаксический этап анализа текста содержит базовые задачи, направленные на уточнение смысла слов и нормализацию синтаксического дерева.

6. Семантический этап анализа текста содержит базовые задачи построения семантических сетей и онтологий.

Итоговая схема распределения базовых задач по этапам анализа текста представлена на рис. 1.

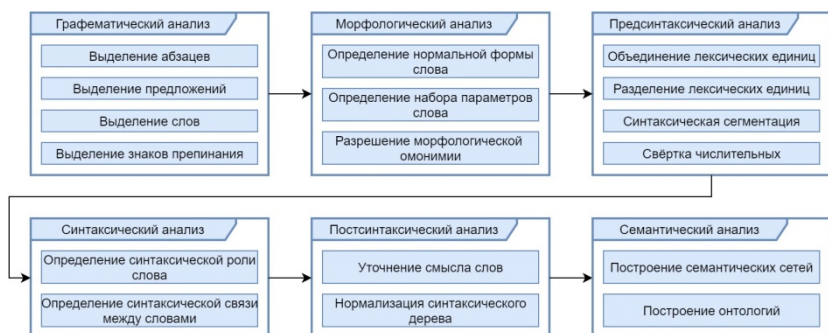


Рис. 1. Базовые задачи

На каждом этапе анализа текста должны в зависимости от решаемой прикладной задачи могут быть выполнены не все базовые задачи. На выполнение может подаваться только некоторый перечень, который необходим для какой-либо прикладной задачи.

#### 4. Автоматическое аннотирование текстов

Аннотация – краткое изложение содержания какого-либо текста. У аннотации есть две функции [5, 6]:

- Сигнальная – кратко предоставить информацию об аннотируемом тексте чтобы читатель понял, нужна ли ему информация из полного текста.

- Поисковая – помогает найти требуемую информацию.

Автоматическое аннотирование текстов – извлечение из него информации о его содержании в кратком виде при помощи компьютерных технологий.

Алгоритмы автоматического аннотирования текстов принято делить на 2 группы [5]:

1. Вытягивающие алгоритмы. Находят в исходных текстах фрагменты наибольшей статистической и лексической важности, а затем объединяют их. Такие алгоритмы не требуют больших вычислительных мощностей, т.к. не проводят семантического анализа текста. Однако при этом уменьшается качество результата.

2. Генерирующие алгоритмы. Отличаются от вытягивающих присутствием семантического анализа, что увеличивает качество результата (отсутствие дублирования, полнота аннотирования, наличие семантических связей).

Итоговая схема распределения задачи аннотирования текстов по базовым задачам изображена на рис. 2.

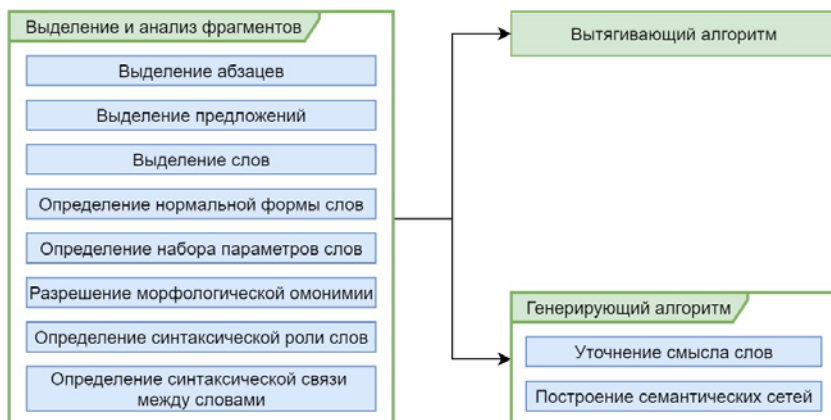


Рис. 2. Автоматическое аннотирование текстов

На этапе выделения и анализа фрагментов выполняется больше всего базовых задач. Под фрагментами могут пониматься предложения, а иногда и целые абзацы, в соответствии с этим выполняются базовые задачи по их выделению. Выделение слов нужно для последующего морфологического и синтаксического анализа.

Несмотря на то, что прикладная задача выделения фрагментов содержит больше всего базовых, более ресурсоёмкой является задача генерации. Связано это с тем, что для её выполнения приходится решать задачи семантического этапа анализа – самого сложный из всех. Использование вытягивающего алгоритма не требует решения дополнительных базовых задач.

## 5. Автоматическое извлечение ключевых слов

Ключевые слова – особо важные слова в тексте, набор которых даёт читателю описание содержания текста, в котором они находятся [6]. Соответственно, автоматическое извлечение ключевых слов – процесс поиска группы ключевых слов в требуемом тексте.

Данный процесс разделён на 3 этапа:

- Приведение текста в удобный для распознавания ключевых слов формат. Для этого проводится графематический, морфологический и, в случае гибридной модели, синтаксический анализ. На этом же этапе удаляются все стоп-слова – слова, которые не несут смысловой нагрузки [7].

- Распознавание потенциальных кандидатов на ключевые слова.
- Фильтрация. Каждому из слов присваивается некоторый набор признаков, который затем сравнивается с эталонными значениями, на

основании которых и определяется принадлежность этих слов к множеству ключевых. В зависимости от метода извлечения ключевых слов на этом этапе, возможно, нужно будет использовать словари [6].

В автоматическом извлечении ключевых слов существуют 2 модели:

1. Статистическая модель. Преимуществом выступает универсальность и независимость от лингвистических баз знаний.

2. Гибридная модель. Методы извлечения ключевых слов дополняются применением лингвистических процедур.

Итоговая схема распределения задачи автоматического извлечения ключевых слов по базовым задачам изображена на рис. 3.

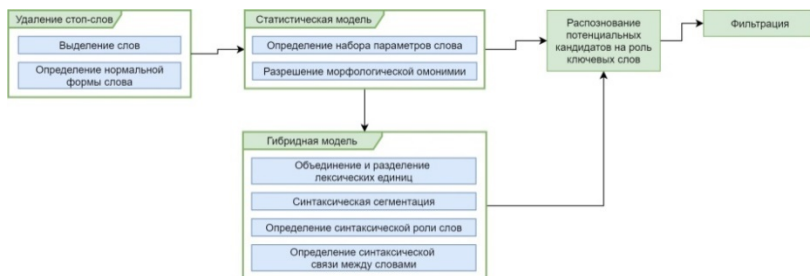


Рис. 3. Автоматическое извлечение ключевых слов

Самой простой прикладной подзадачей, является «Удаление стоп-слов». Она является важной частью при извлечении ключевых слов, т.к. стоп-слова зачастую могут встречается в тексте довольно часто и их извлечение в качестве ключевых априори будет является неверным результатом.

Гибридная модель дополняет статистическую модель дополнительными процедурами. Это указано на схеме путём разветвления от прикладной задачи «Статистическая модель», в рамках которой выполняются базовые задачи морфологического анализа.

Гибридная модель требует дополнительно выполнить базовые задачи предсинтаксического и синтаксического анализа. Для выполнения этой задачи требуется больше ресурсов, по сравнению с остальными.

## 6. Информационный поиск

Информационный поиск является одной из самых важных прикладных задач КЛ. Благодаря ему пользователь может найти нужную ему информацию среди огромного количества различных документов, ресурсов, текстов, которыми заполнен интернет [8, 9]. Основным

инструментом информационного поиска в интернете являются вербальные поисковые системы (например, Google, Yandex).

Большое значение имеют возможности языков запросов, которыми оперирует пользователь. Её структура в основном включает следующие компоненты [8]:

1. Поисковые элементы.
2. Средства морфологической нормализации.
3. Булевские операторы.
4. Дополнительные условия поиска (ограничение области поиска, поиск в определённых частях документа и т. д.)

Морфологическая нормализация является рекомендуемым требованием при информационном поиске, но не является обязательным. Вместо этого можно сделать следующее:

– Каждую словоформу можно рассматривать как отдельную лексическую единицу. Однако это ведёт к значительному увеличению объёма данных, а также вызывает неудобства для пользователя.

– В поисковом запросе можно вводить только часть слова. В этом случае механизм поиска будет искать слова, которые имеют эту часть.

В итоге, получается схема распределения, изображённая на рис. 4.

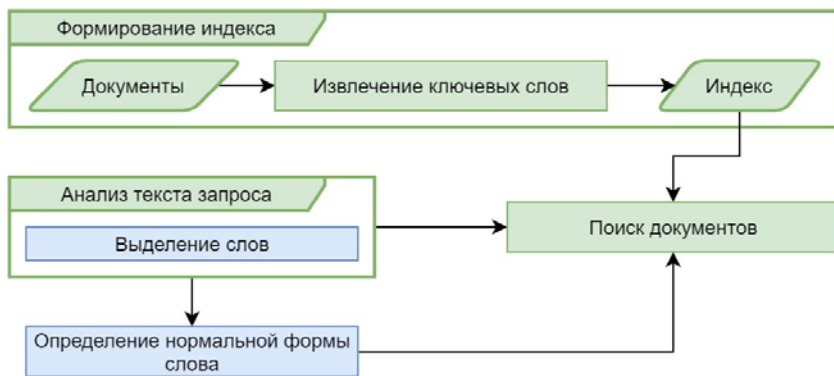


Рис. 4. Информационный поиск

На данной схеме параллелограммами обозначаются ресурсы, которые можно обработать. Формирование индекса включает в себя задачу КЛ извлечения ключевых слов, которая уже была рассмотрена в предыдущем разделе.

«Анализ текста запроса» включает в себя базовую задачу выделения слов, без которой не обойтись. Определение нормальной формы слов текстового запроса не является обязательным.

## **Заключение**

Анализ задач КЛ необходим для создания инструмента по управлению потоками задач, связанных с автоматической обработкой текста. Для этого для некоторых задач КЛ было сделано распределение их по базовым и прикладным.

Разрабатываемый инструмент требуется для более равномерного распределения нагрузки на систему, которая может привести к невозможности выполнения других задач. На основании предложенной классификации будут определены весовые коэффициенты и приоритеты задач при решении задачи диспетчеризации.

Разделение базовых задач в соответствии с этапами анализа текста позволит учесть особенности потребления ресурсов с учетом лингвистических особенностей текстов, что даст возможность более оптимальным образом обеспечить необходимую обработку текстовых данных.

## **Список литературы**

1. Дюжева А. Н. Информационные технологии в лингвистике. – 2021.
2. Большакова Е. И. и др. Автоматическая обработка текстов на естественном языке и компьютерная лингвистика. – 2011.
3. Аслонов Ш. Ш. и др. Компьютерная лингвистика и филология: проблемы и решения //Гуманитарный трактат. – 2020. – № 84. – С. 17-19.
4. Макшанова Т. В. ВИДЫ АННОТАЦИЙ //ББК 72 Н108. – 2018.
5. Бисикало О. В., Назаров И. А. Обзор методов автоматического аннотирования текстов //Научные труды Винницкого национального технического университета. – 2013. – №. 2.
6. Ванюшкин А. С., Гращенко Л. А. Методы и алгоритмы извлечения ключевых слов //Новые информационные технологии в автоматизированных системах. – 2016. – №. 19. – С. 85-93.
7. Шереметьева С. О., Осминин П. Г. Методы и модели автоматического извлечения ключевых слов //Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Лингвистика. – 2015. – Т. 12. – №. 1. – С. 76-81.
8. Захаров В. П. Лингвистические средства информационного поиска в Интернете //Библиосфера. – 2005. – №. 1. – С. 63-71.
9. Урвачева В. А. Обзор методов информационного поиска //Вестник Таганрогского института имени АП Чехова. – 2016. – №. 1. – С. 457-463.

## **Секция 7**

**Суперкомпьютерные  
вычисления и BigData.**

**Квантовые  
информационные  
системы**

## Матричные вычисления с использованием ruMIC

К. О. Петрищев, e-mail: vrn.kostyan.p@mail.ru

А. В. Романов, e-mail: romanov\_av@cs.vsu.ru

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный университет»

**Аннотация.** В работе рассматривается использование инструмента RuMIC для разгрузки математических вычислений на сопроцессор Xeon Phi. В качестве модельной задачи выбрано перемножение матриц, как одна из классических задач для распараллеливания программного кода. Представлены примеры разгрузки на сопроцессор Xeon Phi на языке C через инструмент RuMIC.

**Ключевые слова:** Xeon Phi, программирование, матричные вычисления, ruMIC, intel MKL.

### Введение

Сопроцессоры Intel Xeon Phi часто используются для повышения производительности суперкомпьютеров, собранных до 2018 года. Согласно выпуску рейтинга TOP500 за июнь 2017 года, 14 систем в списке используют Xeon Phi в качестве ускорителя, а 13 – в качестве загружаемых автономных процессоров (включая текущую систему Cori с производительностью 27.8 PFLOP/s в NERCS и 24.9 PFLOP/s в Oakforest-PACS в JCAHPC в Японии, занимающие шестую и седьмую позиции в списке, соответственно). В Воронежском Государственном Университете вычислительный кластер содержит 14 сопроцессоров Intel Xeon Phi 7150P.

Модели программирования для сопроцессора Xeon Phi включают так называемый режим разгрузки. В этом случае основное приложение выполняется на центральном процессоре, а на сопроцессоре выполняется только часть кода, обозначенная программистом. Для этой цели можно использовать несколько сред выполнения и библиотек. Например, прагмы `openmp` компилятора intel, Language Extensions for Offload (LEO), включенные в компилятор Intel. Целевые прагмы, похожие на LEO, теперь также включены в стандарт OpenMP 4.5. Другой подход заключается в использовании API низкоуровневого интерфейса разгрузки сопроцессора (COI) или Симметричный коммуникационный интерфейс (SCIF), оба предоставлены Intel. Кроме того, можно использовать внешние библиотеки, такие как библиотека



Hetero Streams Library (hStreams) или библиотека Heterogeneous Active Messages (HAM) [1]. Однако зачастую удобно использовать связку языков C и Fortran с высокоуровневыми инструментами, таким как Python.

В то время как первое поколение карт Intel Xeon Phi под кодовым названием Knights Corner работает как сопроцессор и позволяет пользователям разгружать вычисления по шине PCIe, текущее поколение Knights Landing используется в качестве автономных процессоров. Однако модель программирования разгрузки расширится за счет разгрузки по структуре, если ускорители не подключены напрямую к хосту через PCIe. Существующие коды, использующие стратегию разгрузки, совместимы с разгрузкой поверх структуры и поэтому могут запускаться с минимальными изменениями на суперкомпьютерах, где узлы Xeon и Xeon Phi создают отдельные подкластеры (clusterbooster).

## **1. Архитектуры сопроцессора Intel Xeon Phi**

Intel Xeon Phi состоит из 61 ядра, соединенных высокопроизводительным двунаправленным соединением на кристалле. Сопроцессор работает под управлением операционной системы Linux и поддерживает все важные инструменты разработки Intel, такие как компилятор C/C++ и Fortran, MPI и OpenMP, высокопроизводительные библиотеки, такие как MKL, отладчик и инструменты трассировки, такие как Intel VTune Amplifier XE. Традиционные инструменты UNIX на сопроцессоре поддерживаются через BusyBox, который объединяет крошечные версии многих распространенных утилит UNIX в один небольшой исполняемый файл. Сопроцессор подключен к процессору Intel Xeon – «хосту» – через шину PCI Express (PCIe). Виртуализированный стек TCP/IP позволяет получить доступ к сопроцессору как к сетевому узлу. Далее мы приводим наиболее важные свойства архитектуры MIC.

Основные:

- Процессорное ядро (скалярная единица) представляет собой упорядоченную архитектуру (на основе семейства процессоров Intel Pentium).

- Извлекает и декодирует инструкции из четырех аппаратных потоков.

- Поддерживает 64-битную среду исполнения, а также инструкции Intel Initial Many Core.

- Не поддерживает какие-либо предыдущие расширения Intel SIMD, такие как инструкции MMX, SSE, SSE2, SSE3, SSE4.1, SSE4.2 или AVX.

- Новые векторные инструкции, предоставляемые набором инструкций сопроцессора Intel Xeon Phi, используют выделенный 512-разрядный векторный модуль с плавающей запятой (VPU), который предусмотрен для каждого ядра.

- Высокопроизводительная поддержка операций обратного вычисления, извлечения квадратного корня, возведения в степень и вычисления экспоненты, функций разброса/сбора и потокового сохранения для достижения более высокой эффективной пропускной способности памяти.

- Может выполнять 2 инструкции за такт, одну по U-каналу и одну по V-каналу (не все типы инструкций могут выполняться по V-каналу, например, векторные инструкции могут выполняться только по U-каналу).

## 2. Нативная компиляция

Для достижения хорошей производительности следует помнить о следующих пунктах.

- Данные должны быть выровнены до 64 байт (512 бит) для архитектуры MIC, в отличие от 32 байт (256 бит) для AVX и 16 байт (128 бит) для SSE [2].

- Из-за большой ширины SIMD (64 байта) векторизация для архитектуры MIC даже важнее, чем для Intel Xeon. Архитектура MIC предлагает новые инструкции, такие как сбор/распределение, плавное умножение-сложение, маскированные векторные инструкции и т. д., которые позволяют распараллелить больше циклов на сопроцессоре, чем на хосте на базе Intel Xeon.

- Используйте прагмы, такие как `pragma ivdep`, `#pragma vector always`, `#pragma vector aligned`, `#pragma` т. д. Достижения авто-векторизации. Автовекторизация включена на уровне оптимизации по умолчанию.

- Разрешить компилятору генерировать отчеты о векторизации с помощью опции компилятора `--vecreport2`, чтобы увидеть, были ли циклы векторизованы для MIC (сообщение «\*MIC\* Loop был векторизован» и т. д.). Варианты `-opt-report-phase hlo` (Отчет оптимизатора высокого уровня) или `-opt-report-phase ipo_inl` (Встраивание отчета) также могут быть полезными.

- Явное векторное программирование также возможно с помощью языковых расширений Intel Cilk Plus (обозначение массива C/C++, векторные элементарные функции) или новых конструкций SIMD из OpenMP 4.0 RC1.

Элементарные функции вектора могут быть объявлены с помощью `__attributes__((vector))`. Затем компилятор генерирует векторизованную

версию скалярной функции, которую можно вызвать из векторизованного цикла.

### **3. Intel MKL (библиотека оптимизированных математических процедур)**

Сопроцессор Intel Xeon Phi поддерживается, начиная с версии MKL 11.0. Полезная информация содержится в зоне разработчиков MKL [3]. Все функции можно использовать на Xeon Phi, однако уровень оптимизации для более широких 512-битных инструкций SIMD отличается.

Начиная с Intel MKL 11.0 Update 2, следующие функции оптимизированы для сопроцессора Intel Xeon Phi:

- BLAS Уровень 3 и большая часть Уровней 1 и 2;
- разреженные BLAS: ?CSRMV, ?CSRMM;
- некоторые важные процедуры LAPACK (LU, QR, Cholesky);
- быстрые преобразования Фурье;
- библиотека векторной математики;
- генераторы случайных чисел в векторной статистической библиотеке.

Intel планирует оптимизировать более широкий набор функций в будущих выпусках MKL.

### **4. Режимы использования MKL**

Для Xeon Phi доступны следующие 3 модели использования MKL: Автоматическая разгрузка (АО).

В случае автоматической разгрузки пользователю вообще не нужно менять код. Для функций с автоматической разгрузкой среда выполнения может автоматически загружать данные в сопроцессор Xeon Phi и выполнять там вычисления (все или часть). Передача данных и управление выполнением полностью автоматизированы и прозрачны для пользователя.

Разгрузка с помощью компилятора (CAO) [4].

В этом режиме MKL разгрузка явно контролируется прагмами или директивами компилятора. В отличие от режима автоматической разгрузки, все функции MKL могут быть разгружены в режиме CAO.

Большим преимуществом этого режима является то, что он позволяет сохранять данные на устройстве.

Для компиляторов Intel возможно использование АО и CAO в одной и той же программе, однако в этом случае разделение работы должно быть явно установлено для АО. В противном случае все вызовы MKL АО выполняются на хосте [5].

Собственное исполнение.

В этом режиме MKL сопроцессор Intel Xeon Phi используется как независимый вычислительный узел. Для сборки программы для собственного режима необходимо использовать следующие настройки компилятора:

```
icc -O3 -mkl -mmic file.c -o file
```

Затем двоичный файл необходимо вручную скопировать в сопроцессор через ssh и запустить непосредственно на сопроцессоре.

## 5. PyMIC

Python – один из наиболее популярных языков программирования в индустрии, использовать его достаточно легко, а скорость разработки на нём высока.

В последние годы Python привлекает особое внимание в сообществах, специализирующихся на высокопроизводительных вычислениях, или HPC (high performance computing).

Такие дополнения и библиотеки, как Numpy и SciPy, предоставляют эффективную реализацию ключевых алгоритмов и структур данных, по эффективности сравнимую с такими языками, как C или Fortran, что позволяет не ставить под сомнение Python как язык для высокопроизводительных вычислений.

Потребность HPC в скорости порождает необходимость в сопроцессорном оборудовании, которое бы ускоряло многочисленные вычисления с плавающей точкой.

Вычислительные блоки общего назначения (GPGPU) и сопроцессор Intel Xeon Phi являются примерами дискретных плат расширения для получения дополнительной вычислительной мощности сверх ЦП.

Приведенные выше модули предоставляют общий функционал, в свою очередь модуль pyMIC фокусируется конкретно на отправке на локальные сопроцессоры задач, связанных с Numpy и SciPy.

Основная логика работы в системе pyMIC заключается в следующем.

Математический код, написанный на языках C или Fortran, собирается в разделяемую библиотеку. В операционной системе типа Linux такие библиотеки имеют расширение .so.

Ниже представлена команда, компилирующая разделяемую библиотеку на языке C:

```
icc -I../include -I$(MKLROOT)/include -fPIC -shared -mmic -  
g -O2 -L$(MKLROOT)/lib/mic -lmkl_intel_lp64 -lmkl_core -  
lmkl_intel_thread -lpthread -o libdgemm.so dgemm.c
```

После этого необходимо выполнить разгрузку вычислений на математическом сопроцессоре. Приведенные ниже команды соответствуют инициализации объектов устройств, ранее созданных разделяемых библиотек и потоков по умолчанию.

Листинг 1

```
device = mic.devices[0]
library = device.load_library("libdgemm.so")
stream = device.get_default_stream()
```

Для дальнейшей работы и взаимодействия необходимо связать оперативную память компьютера и память математического сопроцессора.

Листинг 2

```
offl_a = stream.bind(a)
offl_b = stream.bind(b)
offl_c = stream.bind(c)
```

Вызов функции из собранной библиотеки, передача данных и синхронизация памяти. Выглядит следующим образом:

Листинг 3

```
stream.invoke(library.dgemm_kernel, offl_a, offl_b, offl_c,
              m, n, k, alpha, beta)
stream.sync()
```

Ниже приведены результаты перемножения матриц  $4096 \times 4096$  с помощью библиотеки NumPy, которая базируется на BLAS из языка Fortran и библиотеки MKL, имеющих высокую степень оптимизации под сопроцессор производства Intel.

Параметры машины, на которой выполнялись вычисления, следующие: Intel i7-3820 имеет 4 ядра и 8 потоков и Intel Xeon Phi 7150P имеет 64 ядра и 244 потока.

Performance:

---

MxM (numpy)	1.62 sec
MxM (offload)	1.03 sec

Библиотеки NumPy и MKL являются примерами хорошо оптимизированного кода. Интересно посмотреть, как ведет себя система

PyMIC и Intel Xeon Phi с более простым кодом. Для оценки возможностей использования связки PyMIC и Intel Xeon Phi с менее оптимизированными приложениями нами было реализовано перемножение матриц без глубокой оптимизации и векторизации данных.

Листинг 4

```
#include <pymic_kernel.h>
#include <omp.h>

PYMIC_KERNEL
void multiplication(const double *A, const double *B,
                  double *C, const long int *nrows, const long
int *ncols){
#pragma omp parallel for collapse(2)
    for(int i = 0; i < *nrows; i++)
        for(int j = 0; j < *ncols; j++)
            {
                for(int k = 0; k < *ncols; k++)
                    *(C+i*1024+j) += *(A+i*1024+k) *
*(B+k*1024+j);
            }
}

#include <pymic_kernel.h>
#include <omp.h>
```

Листинг 5

```
PYMIC_KERNEL
void multiplication(const double *A, const double *B,
                  double *C, const long int *nrows, const long
int *ncols){
    for(int i = 0; i < *nrows; i++)
        for(int j = 0; j < *ncols; j++)
            {
#pragma omp parallel for
                for(int k = 0; k < *ncols; k++)
                    *(C+i*1024+j) += *(A+i*1024+k) *
*(B+k*1024+j);
            }
}

}
```

Performance:

---

MxM (numpy)	0.058 sec
MxM (offload)	1.82 sec

Полученные результаты показывают, что скорость работы более оптимизированной программы с использованием NumPy превосходят написанную нами программу без оптимизации и векторизации, несмотря на использование Intel Xeon Phi и распараллеливание с помощью OpenMP. Отсутствие векторизации является большой проблемой для Xeon Phi.

Листинг 6

*Код скрипта для PyMIC*

```
#!/usr/bin/python
from __future__ import print_function

import pymic as mic
import numpy as np
import sys
import time

# load the library with the kernel function (on the target)
device = mic.devices[0]
library = device.load_library("libdgemm.so")

# use the default stream
stream = device.get_default_stream()

ds = 1024
m, n, k = ds, ds, ds
if len(sys.argv) > 1:
    sz = int(sys.argv[1])
    m, n, k = sz, sz, sz

# construct some matrices
np.random.seed(10)
a = np.random.random(m * k).reshape((m, k))
b = np.random.random(k * n).reshape((k, n))
c = np.zeros((m, n))

# associate host arrays with device arrays
offl_a = stream.bind(a)
offl_b = stream.bind(b)
offl_c = stream.bind(c)

# convert a and b to matrices (eases MxM in numpy)
```

```

Am = np.matrix(a)
Bm = np.matrix(b)

# print the input
print("input:")
print("-----")
print("a=", a)
print("b=", b)
print()
print()

# print the input of numpy's MxM if it is small enough
np_mxm_start = time.time()
Cm = Am * Bm
np_mxm_end = time.time()
print("numpy gives us:")
print("-----")
print(Cm)
print("checksum:", np.sum(Cm))
print()
print()

print('+++++
+++++')

# invoke the offloaded dgemm
c[:] = 0.0
offl_c.update_device()
np_mic_start = time.time()
stream.invoke(library.dgemm_kernel, offl_a, offl_b, offl_c,
              m, n, k, alpha, beta)
stream.sync()
np_mic_end = time.time()

offl_c.update_host()
stream.sync()
print(offl_c)
print("_____")
# print the performance information
flops = (2 * m * n * k) / 1000 / 1000 / 1000
np_mxm_time = np_mxm_end - np_mxm_start
np_mic_time = np_mic_end - np_mic_start
print("performance:")
print("-----")
print("MxM (numpy)                {0:>6.3} sec      "
      "{1:>6.3} GFLOPS".format(np_mxm_time, flops /
                              np_mxm_time))
print("MxM (offload)             {0:>6.3} sec      "
      "{1:>6.3} GFLOPS".format(np_mic_time, flops /
                              np_mic_time))

```



```

print()
sum1 = np.sum(Cm)
sum2 = np.sum(offl_c.array)
if sum1 != sum2:
    print('Validation failed: ', sum1, '!=', sum2, 'diff',
          abs(sum1-sum2))
else:
    print('Validation succeeded: ', sum1, '==', sum2)

```

### **Заключение**

В данной статье были рассмотрены различные примеры выполнения кода с использованием Xeon Phi. По итогам проведенных вычислений можем сказать, что PyMIC в связке с MKL позволяет добиться прироста в 50% на сопроцессоре относительно библиотеки NumPy на обычном процессоре. Но выполнение обычного кода на сопроцессоре в разы уступает NumPy на обычных процессах. Это происходит из-за сложности оптимизации кода под Xeon Phi, вследствие чего использование сопроцессора не приносит большой выгоды относительно использования оптимизированных программ под процессоры.

### **Список литературы**

1. Best Practice Guide – Intel Xeon Phi / Nevena Ilieva [et al.]. – LRZ Germany, 2014. – 49 с.
2. Optimizing Xeon Phi for Interactive Data Analysis / Chansup Byun [et al.] // MIT Lincoln Laboratory Supercomputing Center. – 2019. – PP. 1 – 6.
3. Evaluation of the Intel Xeon Phi offload runtimes for domain decomposition solvers / Lukas Maly [et al.] // Advances in Engineering Software. – 2018. – PP. 1–9.
4. GPAW: DFT and beyond within the projector-augmented wave method [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://wiki.fysik.dtu.dk/gpaw>
5. Intel Corporation. Intel R Manycore Platform Software Stack (MPSS), 2014. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://software.intel.com/en-us/articles/intel-manycore-platform-software-stack-mpss>

# Разработка кроссплатформенной библиотеки для моделирования процессов термодинамики средствами Metal

В. С. Тарасов

В. А. Ушаков, e-mail: aurel.vu@ya.ru

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный университет»

**Аннотация.** *На основе метода конечных элементов разработана программа для GPU с использованием фреймворка Metal.*

**Ключевые слова:** *GPU, термодинамика, метод конечных элементов, C++, HPC, MacOS.*

## Введение

Решение задач термодинамики является крайне актуальным на сегодняшний день и затрагивает большое количество дисциплин: физиология, химия, биология, физика. Постоянные новшества и изменения требуют постоянного развития, например, в области анализа химических и физических процессов, а также проектирования различных двигателей автомобильной и авиационной техники. Сегодня применение термодинамики к необратимым процессам является главной задачей, и имеются большие успехи в построении теории, по объему и важности сравнимой с термодинамикой обратимых процессов.

Большое количество профессионалов на сегодняшний день используют в своей повседневной работе MacBook с операционной системой MacOS. В 2021 году появились версии с увеличенным количеством графических ядер, а наличие объединенной памяти до 64 Гб потенциально делает эти устройства крайне перспективными для моделирования физических процессов и обучения моделей глубоких нейронных сетей. Планшеты Apple iPad комплектуются процессорами, аналогичными младшим ноутбукам в линейке MacBook, имея при этом малый вес, возможность отсоединения клавиатуры и сенсорный экран, что делает из них прекрасные мобильные станции, позволяя использовать их многим инженерам и другим профессионалам, которым требуется дополнительный софт для расчетов. Однако на данных моделях устройств отсутствует возможность применения CUDA, вместо нее предлагается использование проприетарного фреймворка Metal.

Данная работа посвящена проблеме разработки программного обеспечения, позволяющего производить моделирование процессов

термодинамики на устройствах Мас с применением графических ускорителей. В работе рассматривается моделирование процесса, реализация программы с применением фреймворка Metal и замер его производительности.

### 1. Разработка моделей

В качестве задачи для моделирования взята задача термодинамики: имеется конечное пространство с теплопроводящими стенками, нижняя часть которого непрерывно нагревается. Вид функции  $f$  определяется решением дифференциального уравнения теплопроводности Фурье, которое для однородного изотропного тела имеет вид:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \alpha \Delta T + qV / c\rho, \quad (1)$$

где  $qV$  – количество теплоты, выделяемое внутренним источником теплоты в единице объема тела за единицу времени,  $c$  – удельная теплоемкость тела,  $\rho$  – плотность тела,  $\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$  – оператор Лапласа,  $\alpha$  – коэффициент теплопроводности (характеризует скорость выравнивания температуры в неравномерно нагретом теле). Данное уравнение является уравнением параболического типа.

Для стационарной теплопроводности  $\left(\frac{\partial T}{\partial t} = 0\right)$  уравнение (1)

примет вид:

$$\alpha \Delta T + qV / c\rho = 0. \quad (2)$$

В отсутствии внутренних источников теплоты ( $qV = 0$ ):

$$\Delta T = 0. \quad (3)$$

В одномерном стационарном случае уравнение Фурье можно использовать в следующем виде:

$$dQ = -\alpha \frac{dT}{dx} dSdt, \quad (4)$$

где  $dQ$  – количество теплоты, которое переносится через площадку  $dS$  в направлении нормали  $x$  к этой площадке в сторону убывания температуры за время  $dt$ ,  $\alpha$  – коэффициент теплопроводности.

Метод конечных объемов (МКО) – это численный метод решения дифференциальных уравнений с частными производными и интегральных уравнений, возникающих при решении задач прикладной

физики. МКО широко используется для решения задач механики деформируемого твёрдого тела, гидродинамики, теплообмена, электродинамики и топологической оптимизации [1].

Для вычисления производной по времени используется метод Эйлера. Это явная схема по времени, где берутся искомые данные с предыдущего шага. На первом шаге алгоритма задаются начальные условия.

$$\frac{dT}{dt} = \frac{T_C - T_C^0}{delt}, \quad (5)$$

где  $delt$  – численное значение шага по времени, индекс  $C$  означает значение  $T$  в текущем элементе  $C$ , индекс  $0$  означает значение  $T$  на предыдущем шаге (то есть уже известное).

Четыре грани составляют периметр элемента, и по ним производится интегрирование. Для каждого элемента в результате получается дискретный аналог исходного дифференциального уравнения.

Произведем подстановку в уравнение:

$$\begin{aligned} \frac{T_C - T_C^0}{delt} + fluxE * T_E - fluxE * T_C - fluxW * T_C + fluxW * T_W + \\ + fluxN * T_N - fluxN * T_C - fluxS * T_C + fluxS * T_S = 0, \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \frac{T_C - T_C^0}{delt} + fluxE * T_E + fluxW * T_W + fluxN * T_N + fluxS * T_S - \\ - (fluxE - fluxW - fluxN - fluxS) T_C = 0, \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} T_C^{NEW} = T_C + delt * (fluxC * T_C - (fluxE * T_E + fluxW * T_W + \\ + fluxN * T_N + fluxS * T_S)), \end{aligned} \quad (8)$$

где  $fluxC = fluxE + fluxW + fluxN + fluxS$ .

При написании программы было принято решение использовать подход с обменом указателей на буферы. Это позволяет хранить в системе только два буфера, не производя выделение памяти под каждый и не инициализируя каждый с нуля после каждого шага по времени.

## 2. Фреймворк Metal

Metal предоставляет возможность произведения неграфических вычислений с помощью графических процессоров. Архитектурно он

близок к иным инструментам для написания программ для SIMD устройств, таким как CUDA и OpenCL [2].

Изначально доступ к Metal производится при помощи ObjectiveC, однако компания Apple представила 8 июня 2022 года обертку на C++ под названием metal-cpp, что значительно облегчило работу с данным фреймворком.

Использование Metal близко к использованию Cuda. Если вычисление индекса потока в Cuda происходит следующим образом:

```
int i = blockIdx.x * blockDim.x + threadIdx.x;
```

то в Metal это происходит за счет иных констант:

```
int i = threadgroup_position_in_grid[0] *  
threads_per_threadgroup[0] +  
thread_position_in_threadgroup[0];
```

Притом данные константы передаются в конце в аргументах функции ядра:

Листинг 1

#### *Передача индексов в аргументах в Metal*

```
uint2 threadgroup_position_in_grid  [[  
threadgroup_position_in_grid ]],  
uint2 thread_position_in_threadgroup [[  
thread_position_in_threadgroup ]],  
uint2 threads_per_threadgroup      [[  
threads_per_threadgroup ]])
```

Одним из главных неудобств является необходимость передачи всех аргументов исключительно через буферы с указателями на них, что приводит к небезопасной работе с памятью и необходимости приведения значений от указателя к его значениям

Листинг 2

#### *Передача целочисленных аргументов в Metal*

```
kernel void solver_kernel(  
    device const float* T,  
    device float* T_new,  
    device const int* n_ponter,  
    device const int* m_ponter,  
    ...  
)  
{  
    int n = *n_ponter;  
    int m = *m_ponter;  
    ...  
}
```

Компания Apple продвигает разработку программного обеспечения при помощи IDE XCode и их системой сборки, которые значительно уступают по возможностям остальным IDE. Для унификации использования с другими проектами был написан CMakeList.txt, обеспечивающий компиляцию шейдеров при сборке и подключение библиотеки Metal:

Листинг 3

*Настройка системы сборки CMake для автоматического компилирования шейдеров и подключение Metal*

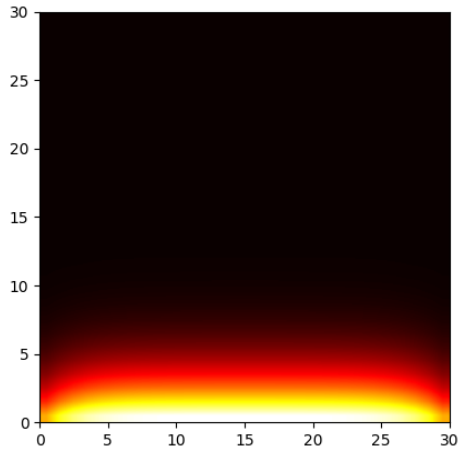
```
...
add_custom_command(
    TARGET METAL_CPP
    COMMAND xcrun -sdk macosx metal -c
    ${CMAKE_CURRENT_SOURCE_DIR}/kernel.metal -o kernel.air
)

add_custom_command(
    TARGET METAL_CPP
    COMMAND xcrun -sdk macosx metallib kernel.air -o
    default.metallib
)

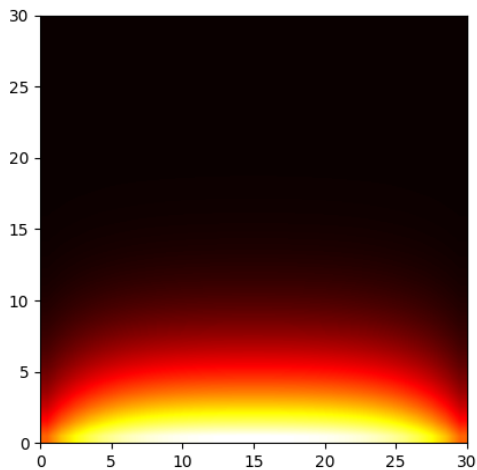
...
# Metal cpp library (linker)
target_link_libraries(METAL_CPP
    "-framework Metal"
    "-framework Foundation"
    "-framework QuartzCore")
```

### 3. Анализ результатов

Для моделирования системы были взяты следующие начальные условия: температура  $T = 240K$  для нижней грани и  $K = 0$  для левой, правой, верхней граней и для всех исходных точек. На рис. 1, 2 приведен пример распространения тепла при слабоизолированных боковых гранях, а именно для левой и правой граней были установлены значения коэффициента теплопроводности, равные 10. В результате мы можем наблюдать то, как тепло постепенно распространяется внутрь пространства. Кроме того, форма распространения имеет изгибы по краям, что говорит о корректном расчете потерь тепла через боковые грани.



*Рис. 1.* Нагрев материала с коэффициентами теплопроводности боковых сторон 10 в момент времени  $t = 20$



*Рис. 2.* Нагрев материала с коэффициентами теплопроводности боковых сторон 10 в момент времени  $t = 500$

Также была измерена скорость выполнения программы. Для последовательной версии данной программы моделирование пространства 210 на 210 элементов заняло 15 с. Для процессора Intel i5 9400f, для программы с использованием Metal на процессоре M1 Pro с 16 Gb объединенной памяти – 163 мс, что дает прирост в скорости в 92

раза. Однако аналогичная программа на CUDA с использованием Nvidia Geforce 1660 Ti дает скорость в 1 мс, что говорит о значительном отставании как технологии Apple, так и графической части их продукции от полноценных видеокарт.

### **Заключение**

В результате проведенной работы была успешно разработана программа с использованием фреймворка Metal для неграфических вычислений с использованием GPU. Программа позволяет ускорить моделирование в 92 раза для компьютеров с операционной системой MacOS и планшетов iPad, не поддерживающих разработку на CUDA и OpenCL, что позволяет развить инженерное программное обеспечение на данных устройствах.

### **Литература**

1. Патанкар, С. В. Численное решение задач теплопроводности и конвективного теплообмена при течении в каналах / С. В. Патанкар. – М. : МЭИ, 2019. – 312 с.
2. Performing Calculations on a GPU: Use Metal to find GPUs and perform calculations on them [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://developer.apple.com/documentation/metal/performing\\_calculations\\_on\\_a\\_gpu](https://developer.apple.com/documentation/metal/performing_calculations_on_a_gpu)



**Секция 8**  
САПР и цифровые  
технологии

## Об особенностях формирования системы умного дома

Т. В. Аветисян, e-mail: vtatyana\_avetisya@mail.ru

Я. Е. Львович, e-mail: office@vivt.ru

А. П. Преображенский, e-mail: app@vivt.ru

АНОО ВО – Воронежский институт высоких технологий

**Аннотация.** *Работа посвящена рассмотрению методов управления в системе умного дома. Отмечается необходимость формирования общей алгоритмической и информационно-программной среды. Показаны подходы, которые могут быть использованы в ходе принятия решений внутри системы умного дома. Продемонстрированы возможности формализации задачи управления в умном доме. Показана диаграмма входных данных системы управления умным домом*

**Ключевые слова:** *Интеллектуальная система, умный дом, управление, системный подход, обработка информации.*

Сейчас можно наблюдать активное развитие различных систем, которые связаны с управлением умным домом (СУУД) [1]. Достаточно большой части людей в городских значительную часть времени приходится проводить внутри зданий, а также в других видах помещений. Особенности условий пребывания людей на подобных объектах значительным образом влияют на характеристики качества жизни населения.

Бывают разные места размещения людей в течение рабочего времени. Например, выделяют производственные помещения, офисы, различные учебные аудитории и др. Если рассматривается вне рабочее время, то требуется рассмотрение жилых домов, спортивных объектов, клубов, мест развлечений и др. Мы можем наблюдать процессы, которые связаны с укрупнением зданий.

Тогда появляются возможности для того, чтобы формировать офисные, жилые, торгово-развлекательные, образовательные, лечебно-диагностические и другие комплексы. Они имеют общие системы инженерного обеспечения, температуры и влажности воздуха. При наличии высокой стоимости и больших затрат, которые связаны с содержанием, можно наблюдать непрерывный рост числа СУУД разных видов и возможностей, а также конфигураций. Следует отметить, что в настоящее время активным образом происходит внедрение систем видеонаблюдения, рассматриваемых в качестве одной из служб

СУУД [2]. На базе технологии принятия решений мы можем прийти к тому, что внутри СУУД представляет интерес применение таких подходов:

1. Методы искусственного интеллекта (ИИ). Базируются они на том, что ведется поиск по вариантам вариантов решений. Поиск, связанный с решением рассматриваемых проблем, осуществляется на базе анализа и привлечения соответствующего опыта (своего или чужого).

2. Экспертные методы. В таких методах исходят из того, что необходимо опираться на интуицию и опыта исследователей. Требуется, чтобы обязательным образом ЛПР участвовали в соответствующих процессах, связанных с формированием вариантов по решениям поставленных задач.

3. Использование формализованных моделей. В подобных методах важно ориентироваться большей частью на то, что есть внутри функциональных подсистемах. Наблюдается их связь с тем, что есть в инфраструктурных службах.

4. Применение подходов, связанных с производственными правилами. Эти способы рекомендуют применять внутри подсистем, по которым нет возможностей по созданию формализованных моделей

5. Использование формализованных подходов, в которых реализуется поиск по оптимальным решениям. Тогда происходит процесс адаптации с точки зрения условий и задач функционирования СУУД.

6. Использование информационных технологий, в которых происходит реализация методов ИИ.

Все указанные технологии требуется объединять в общую единую систему. За счет нее будет обеспечиваться своевременное и согласованное управление системой.

Предлагается применять такие обозначения, чтобы обеспечить формализацию задачи управления внутри рассматриваемых систем. Исходим из того, что совокупность в системе решений  $D = \{d_1 \dots d_N\}$ , при

этом –  $N$  – число тех решений, которое возможно, есть  $d_n$ ,  $n$ -ое решение. Датчики позволяют для всех возможных вариантов дать описание

Подобная система имеет отличия в множестве параметров  $S = \left\{ s_i^j, i = \overline{1, M}; j = \overline{1, K} \right\}$ , (в качестве примера, тип датчика, его

местоположение, значение и т.д.), где  $j$  – номер измеряемого параметра, соответствующего  $i$ -му датчику,  $M$  – число датчиков,  $K_i$  – число измеряемых параметров  $i$ -го датчика, доступных службе. В таком случае

решение  $d_n$  – рассматривается в виде функции, которая содержит все параметры:

$$d_n = f \left\{ s_i^j, i = \overline{1, M}; j = \overline{1, K} \right\}, \quad (1)$$

Учитываем, что множество значений функции  $f$  это  $D$ . Функция  $f$  будет определяться на основе алгоритма поиска оптимальных решений. За счет нее устанавливается эффективность поиска по оптимальным решениям. Осуществление выбора функции  $f$  определяется содержанием множества управляющих решений, а также особенностями исходных данных, ограничений задачи, в частности, характером их зависимости. Анализ показывает, что есть заметное влияние критерия на осуществляемые процессы поиска. Оценка того, насколько будет близок текущий вариант решения, с точки зрения регламентного состояния должна быть показана в системе. Если анализируются формализованные модели, тогда при помощи целевых функций будут обозначаться критерии проведения. Какие при этом могут быть подходы? Укажем их:

– задается некоторый промежуток времени. В течение него будет близость к регламентным значениям тех параметров, которые соответствуют анализируемому помещению;

– различные ресурсы должны быть минимизированы, если рассматриваются различные процессы внутри помещений и зданий.

Если решается оптимизационная задача, то следует формировать целевые функции. Например, можно предложить следующую:

$$\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^{K_1} \omega_{ij} \left( S_{i \text{ont}}^j - \left( S_i^j \right) \right)^2 \rightarrow \min, \quad (2)$$

$s_{\min}^j \leq s_i^j(t) \leq s_{\max}^j$  по всем управляемым параметрам. В (1) есть

привязка всех показателей  $s_i^j$  тому, какие временные моменты времени

$t$ . Соотношение демонстрирует их изменение:

$$s_i^j(t+1) = g_i^j \left\{ s_i^j(t), d_i^j(t) \right\} \text{ по всем } i, j, \quad (3)$$

Учитывается, что  $g_i^j(\cdot)$  функция, показывает ресурсы служб или подсистем. С точки зрения всех решений  $\{d_i^j(t), t = \overline{1, T}\}$  реализуется процесс минимизации.

На рисунке указана общая схема формирования потока входных данных. На данной диаграмме определено семь вероятных источников входных данных.



*Рисунок.* Иллюстрация диаграммы входных данных внутри систем управления домом

### Список литературы

1. Толстель О. В., Чурилов А. О., Нестеров О. В. Реализация системы управления микроклиматом // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. (Физико-математические и технические науки). 2016. № 4. С. 44–48.
2. Файст В. Основные положения по проектированию пассивных домов. М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2018. 144 с.
3. Кавалеров М.В. Принципы построения аппаратурно-программного обеспечения рабочего места оператора интеллектуального здания / Учеб. пособие / М.В. Кавалеров, Е.Л. Кон, А.А. Южаков. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2012. – 126 с.
4. Коробейников О.П. Мониторинг технического состояния зданий, сооружений и инженерных систем / О.П. Коробейников, А.И. Панин, Э.И. Гусев, И.В. Трубина. Нижний Новгород – 2016. – 42 С.
5. Кремлев А.С. Проектирование систем интеллектуального управления домашней автоматикой. Элементы теории и практикум / А.С. Кремлев, А.В. Титов, А.Н. Щукин. // Санкт-Петербург. 2017. – 96 С.

6. Преображенский Ю.П., Паневин Р.Ю. Формулировка и классификация задач оптимального управления производственными объектами // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2010. Т. 6. № 5. С. 99-102.

7. Гостева Н.Н., Гусев А.В. О возможности увеличения эффективности производства // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2017. № 1 (20). С. 76-78.

8. Жилина А.А., Кострова В.Н., Преображенский Ю.П. Разработка методики постановки задачи выбора управленческого решения на основе оптимизационного подхода // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2018. Т. 6. № 1 (20). С. 243-253.

## Разработка подсистемы ассесмент диагностики кадров

В. А. Володин, e-mail: vladisl4v.volodin@yandex.ru.

А. А. Филимонова, e-mail: asick@inbox.ru

В. В. Сокольников, e-mail: хуxb@inbox.ru

Воронежский государственный технический университет

**Аннотация.** *Рассмотрены архитектура и используемые технологии в проектировании информационной системы по диагностике эффективности кадровой составляющей.*

**Ключевые слова:** *ассесмент, диагностика, кадры, Web-приложение.*

### Введение

В любой рабочей среде, особенно в крупных компаниях и на производстве, актуальна проблема эффективности выполнения рабочих задач. Множество факторов таких как уровень мотивации, общая усталость и настроение могут влиять на работоспособность сотрудников. Согласно исследованиям специалистов в ведущих корпорациях, выяснилось, что почти 75% сотрудников можно назвать неэффективными и дисфункциональными.

В данной статье говорится о создании подсистемы ассесмент диагностики кадров, которая позволяет автоматизировать процессы анализа и диагностики кадровой составляющей компании, что помогает быстро выявить и решить проблемы, возникающие среди сотрудников (такие как внутренняя напряженность, снижение мотивации, общая усталость).

### 1. Актуальность системы диагностики кадров

На производственных предприятиях ключевой является система управления жизненным циклом изделия, охватывающая все этапы производственного процесса. При разработке сложных изделий необходимо обеспечить коллективное взаимодействие на каждом этапе процесса. При этом необходимо учитывать характер и сложность выполняемой работы, согласования с другими участниками рабочей группы и других подразделений. Поэтому целесообразно разрабатывать рассматриваемую подсистему как компонент системы управления

жизненным циклом изделия с возможностью интеграции и мониторинга.

## **2. Компоненты в реализации:**

Система разрабатывается в формате Web-приложения. Страница авторизации предполагает вход с помощью логина и пароля, выдаваемого уполномоченным лицом. На самой платформе после авторизации доступны тесты, мини-игры и командные мероприятия. Все эти средства позволяют проанализировать работоспособность кадров и диагностировать проблемы, препятствующие максимально возможной продуктивности. Также после будут сгенерированы полезные советы и рекомендации для нормализации микроклимата в коллективе. Все полученные данные вышперечисленными средствами будут обрабатываться нейросетью, что позволит точнее выдавать решение для работающих с персоналом сотрудников (HRы и психологи).

## **3. Технологии в проекте:**

Основными критериями при выборе набора технологий были: удобство фреймворков для разработки Web-приложений, набор доступных средств для реализации. Для данной системы был выбран следующий стек технологий:

- Язык программирования Python версии 3.8.1 – ЯП отличается простой системой типизации, что при разумном использовании даёт возможность с небольшим количеством усилий создавать проекты на основе ООП за короткое время, что в условиях пандемии крайне важно;

- Bootstrap – фреймворк для быстрого создания интерфейса. Для работы с инструментом нужны минимальные знания верстки, поэтому он подходит новичкам.

- Фреймворк Django версии 3.2.7 – основой фреймворка является Python, что делает его простым продолжением языка для WEB-разработки. Отличается объёмным функционалом для панели администратора сайта – создание новых объектов, связей, групп, пользователей. Простая интеграция с большим количеством СУБД, по умолчанию таковым является SQLite;

- Языки разметки: CSS, HTML.

- База данных SQLite — быстрая и легкая встраиваемая одно файловая СУБД на языке C, которая не имеет сервера и позволяет хранить всю базу локально на одном устройстве. Для работы SQLite не нужны сторонние библиотеки или службы.



#### 4. Архитектура проекта:

Подсистема ассесмент диагностики кадров интегрируется в систему управления жизненным циклом изделия. В режиме интеграции разрабатываемая подсистема получает списки рабочих групп, списки задач, формирует пакеты тренингов и отслеживает результаты.

На рисунке представлена схема работы проекта на начальном этапе с базовым функционалом.

На платформе доступна панель администратора, с помощью которой ответственное лицо может давать доступ пользователям, группировать мероприятия и отслеживать динамику прохождения заданий.

Для обычного пользователя в самом начале проходит авторизация. Затем в личном кабинете работник видит доступные тренинги и мероприятия, которые может пройти и также посмотреть личный результат.

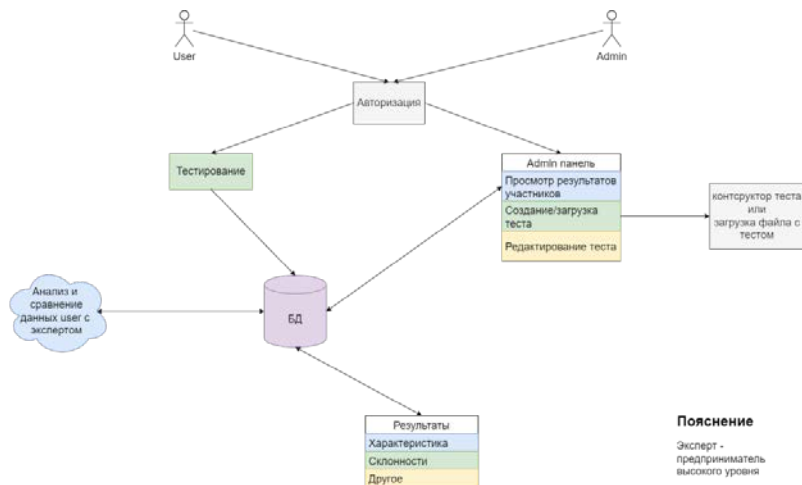


Рисунок. Архитектура проекта

#### Заключение

Подводя итог, можно сделать вывод, что на производственных предприятиях данная программа является необходимым инструментом, который дает понимание эффективности сотрудников и выдает специализированную информацию для пользователя и для администратора. Приложение полезно для обоих субъектов, так как администратор видит общую картину, проанализированную специальными алгоритмами, а пользователь наблюдает информацию

конкретно о себе, которая тоже пойдет на пользу его продуктивности и пониманию его эффективности на работе.

### **Список литературы**

1. В. А. Толочек. Профессиональный отбор и психологические тесты. Для предприятий. – Москва. –2019ю –216 с.
2. А.Ф. Тузовский. Проектирование и разработка Web-приложений / Тузовский А.Ф. – Москва. –2022. –591с.
3. Р. Мансуров. HR-брендинг. Как повысить эффективность персонала: менеджмент и кадры. – Москва. –2020. –230 с.

## Диалоговая система вуза на основе telegram-бота

Н. С. Карамышева, email: karamyshevans@yandex.ru <sup>1</sup>

М. П. Митрофанов, email: mitrofanov.m00@icloud.com <sup>1</sup>

И. В. Акифьев, email: huntersu@yandex.ru <sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет», г. Пенза  
<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства», г. Пенза

**Аннотация.** *Рассматривается технология разработки и реализация информационного чат-бота на основе мессенджера Telegram для организации подачи заявлений на получение материальной помощи и прочих документов, а также для упрощения процесса вступление в студсовет. Чат-бот предоставляет следующие возможности со стороны пользователя: подачу заявки на вступление в студсовет, просмотр новостной ленты, а также отправку заполненной формы заявления на электронную почту деканата. Со стороны администратора чат-бот обеспечивает загрузку документов, создание новостных постов, просмотр базы активистов.*

**Ключевые слова:** *Чат-боты, обработка состояний, подача документов, подача заявки, база данных, aiogram, sqlalchemy, python, pycharm IDE, alembic.*

### Введение

Использование чат-ботов в настоящее время все больше и больше пользуется спросом практически во всех сферах деятельности – от электронной коммерции до промышленности и сферы образования. Такая популярность инструмента обусловлена интеграцией в действующую экосистему организации, дешевизной, а также простотой использования.

В последнее время компании и организации совершенно разных масштабов, от небольших частных проектов до крупнейших корпораций, все чаще используют чат-боты. Создание диалоговых информационных систем на основе чат-ботов становится все более актуальным изо дня в день. Анализ статей, контента социальных сетей и мессенджеров, а также других статистических материалов говорит о том, что в подобных средах сконцентрирована потенциальная целевая аудитория владельцев чат-ботов.

В сфере образования так же, как и в других сферах, внедрение чат-ботов является актуальной практикой. Своевременная связь с преподавателями и администрацией учебного заведения, получение и отправка необходимых документов, чат-боты, направленные на помощь абитуриентам – это лишь малая часть функционала чат-бота.

Одним из инновационных решений является автоматизация процесса вступления в органы студенческого самоуправления, а также упрощение бесконтактной подачи заявки на получение различных видов материальной помощи.

Целью работы является освоение актуальных и современных средств программной разработки; получение навыков разработки чат-диалоговых информационных систем на базе мессенджеров; реализация чат-бота, необходимого для автоматизации работы совета студенческого самоуправления.

### **Описание программы**

Чат-бот – это современный вариант диалоговой системы, имитирующей диалог с пользователем на определенные темы. Чат-боты используются как крупными коммерческими фирмами, образовательными учреждениями, так и государственными службами [1]. К наиболее характерным примерам можно причислить следующие:

1. бот службы такси “Максим”, который позволяет заказывать такси без звонков и сторонних приложений [2];

2. бот сети “Связной” – игровой чат-бот, приуроченный к дню “Хеллоуина” [3];

3. бот “AviaSales”, позволяющий найти билеты на необходимые даты и за необходимую цену [4];

4. бот “ТГУ”, помогающий провести ускоренный поиск данных на сайте вуза [5].

Главными преимуществами чат-ботов являются:

- высокая скорость поступления ответов;
- возможность анонимного использования;
- возможность сохранения диалога в памяти компьютера, что позволяет пользователю и администратору чат-бота не тратить время на запоминание и фиксацию тех или иных данных;
- простота интерфейса, позволяющая пользователю избавиться от изучения каких бы то ни было инструкций по поиску информации;
- персонализация диалога, при которой человеком проще воспринимается информация, которая подается ему в форме разговора с ему подобным виртуальным собеседником;

- возможность экономии денежных средств, которые до этого могли быть потрачены на персонал технической поддержки общения с клиентами;
- возможность сбора данных о действиях пользователей;
- возможность работы чат-бота не только в одном мессенджере Telegram, но и в других мессенджерах и социальных сетях;
- возможность получения информации 24/7 без перерывов, не считая технических работ;
- минимальная зависимость от человеческого фактора во время работы, что минимизирует грамматические ошибки либо неточные ответы пользователям.

Большое число современных компаний разрабатывает или заказывает себе чат-боты для технической поддержки. В большинстве случаев пользователю можно помочь, не контактируя с ним. Это достигается написанием грамотного скрипта, который поможет пользователю в любое время понять, как решить ту или иную проблему. Только в случае, если какая-либо ситуация не соответствует инструкции, придется связываться с пользователем лично.

Диалоговая система представляет собой программный продукт, имитирующий диалог с пользователем. Архитектура диалоговой системы состоит из клиентской, серверной частей и базы данных.

Клиентская часть предназначена для взаимодействия пользователя с программным продуктом и содержит графическую часть. Пользователь, взаимодействуя с чат-ботом, видит лишь эту часть. Клиентская часть состоит из различных функциональных кнопок, а также поля ввода, в которое пользователь может отправить какую-либо информацию, на которую чат-бот отреагирует. Кроме того, клиентская часть чат-бота отвечает за проверку данных, вводимых пользователем. Необходимо это для того, чтобы серверная часть смогла получить верные данные и верно их обработать.

Серверная часть получает сообщения, отправленные пользователем, проводит их обработку и взаимодействует с базой данных, хранящей информацию о беседе в структурированном виде.

Упрощенная структура взаимодействия клиента и сервера с системой управления базой данных (СУБД) представлена на рис. 1 [6].

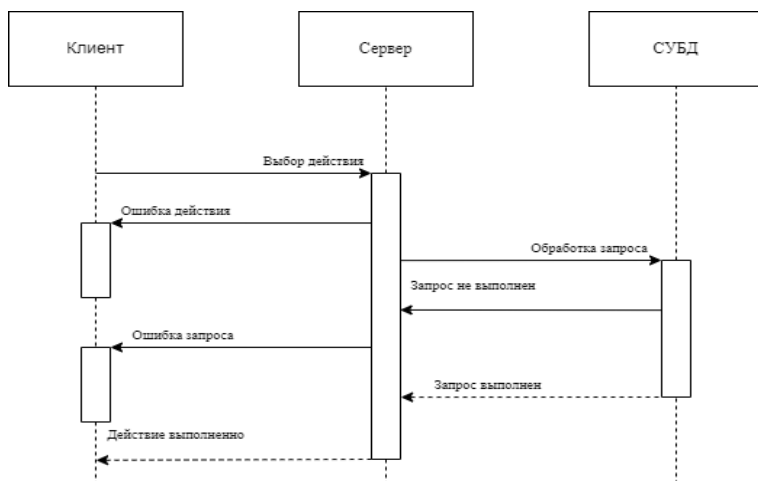


Рис. 1. UML-диаграмма последовательности

Была поставлена задача создания информационного «кнопочного» чат-бота на основе Telegram для оптимизации подачи заявлений на получение материальной помощи и прочих документов, а также для упрощения процесса вступление в совет студенческого самоуправления. Чат-бот должен предоставлять возможность со стороны пользователя: подать заявку на вступление в студсовет, возможность просмотра новостной ленты, возможность получения шаблона и отправки заполненного шаблона на почту деканата.

Со стороны администратора возможна загрузка шаблона документов, создание новостных постов, просмотр базы данных по активистам.

Диаграмма вариантов использования чат-бота представлена на рис. 2.

Для хранения информации необходимо реализовать базу данных со следующими таблицами [7]:

- user - таблица, содержащая информацию о пользователях бота;
- document - таблица, содержащая информацию о загруженных документах и их назначении;
- student\_council\_application - таблица, содержащая информацию об отправленных заявках в актив;
- news - таблица, содержащая новости из актива и жизни университета.

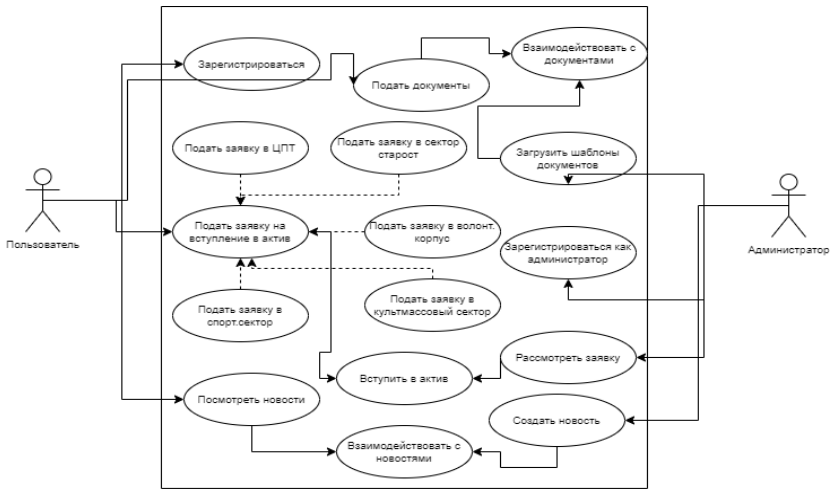


Рис. 2. Диаграмма вариантов использования

Схема таблиц БД приведена на рис. 3.

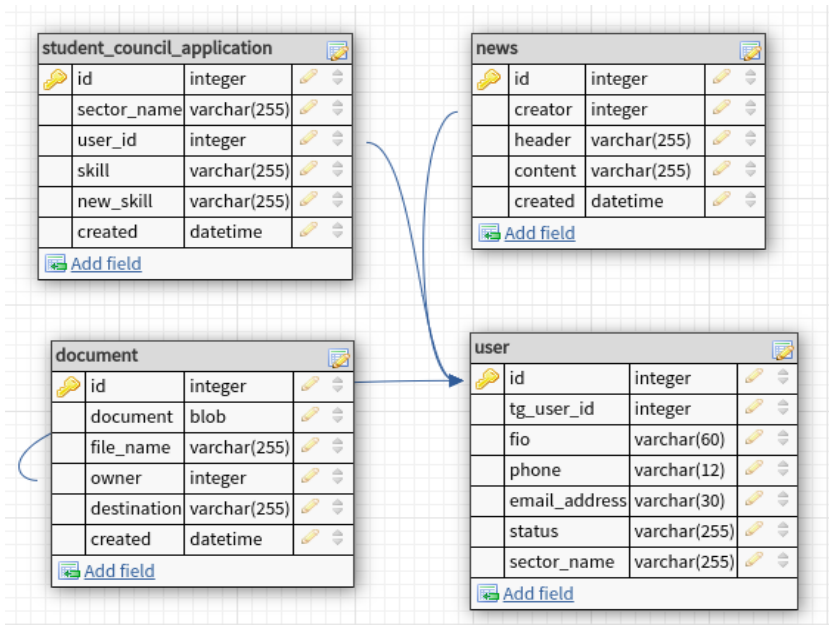


Рис. 3. Схема таблиц

Чтобы запустить чат-бот, необходимо прописать команду /start. После этого пользователь может либо ввести команду /registration, чтобы зарегистрироваться в качестве рядового активиста-студента, либо ввести команду /Admin\_reg, чтобы зарегистрироваться в качестве руководителя сектора, либо председателя студсовета факультета. Для разных пользователей определен различный функционал.

Например, пользователю не предлагается команда /Admin\_reg, так как является скрытной от обычных пользователей, не являющихся уполномоченными.

Диаграмма развертывания, приведенная на рис. 4, отображает физическое развертывание артефактов на узлах.

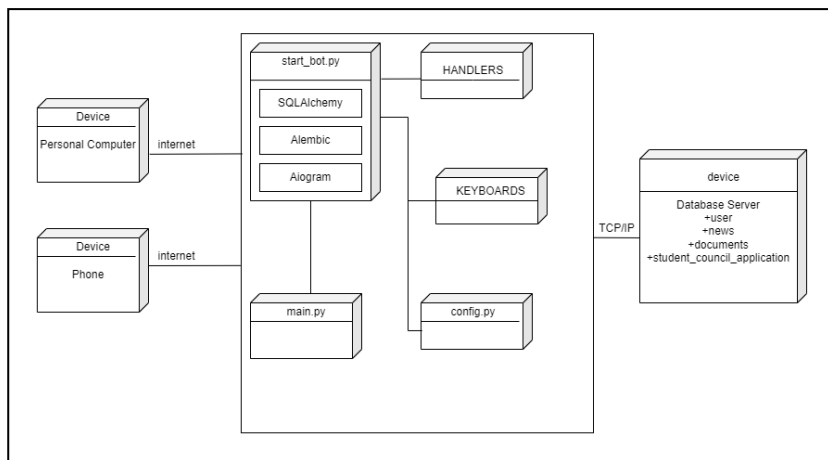


Рис. 4. Физическое развертывание артефактов чат-бота на узлах

При вводе команды регистрации пользователю предлагается пройти небольшой опрос со следующими полями: имя и фамилия, номер телефона, электронная почта. После успешной регистрации, пользователю открывается кнопочное меню, в которых открываются все функции, доступные пользователю. При наличии ошибки при вводе данных на регистрации чат-бот выдает сообщения.

Работу чат-бота иллюстрирует рис. 5.





Рис. 5. Пример, иллюстрирующий работу чат-бота

Регистрация администратора осуществляется похожим способом, отличие лишь в команде /Admin\_reg и в дополнительном поле “курируемый сектор”. После регистрации администратору предлагается весь функционал рядового пользователя, а также возможность просмотра базы телефонных номеров, добавления новостей, а также возможность загрузки шаблона заявления на получение материальной помощи или активистской стипендии.

После успешной регистрации администратор после нажатия кнопки “База телефонов” может просмотреть всех зарегистрировавшихся пользователей.

Администратор может создавать новостные записи, которые будут доступны каждому пользователю. Для создания поста необходимо ввести заголовок новости и сам текст. После создания новостного поста пользователь и администратор могут просмотреть новостную ленту.

Кнопка “Справка” необходима для предоставления помощи пользователю о функционале данного чат-бота.

Одна из функций чат-бота – подача заявки на вступление в тот или иной сектор органа студенческого самоуправления. Для того, чтобы подать заявку, необходимо нажать кнопку “Вступить в студенческий совет” и заполнить следующие поля: желаемый сектор, навыки, умения и цели.

После того, как пользователь подаст заявку на вступление в тот или иной сектор, руководителю данного сектора, зарегистрированному в качестве администратора, придет уведомление на почту.

В процессе реализации находится алгоритм подачи заявления на получение материальных благ. Администратор может загружать шаблоны заявлений, в то время как другие пользователи получают их в сообщениях и отправляют заполненные заявления чат-боту, а тот в свою очередь отправляет на почту председателя профсоюза.

### **Заключение**

В результате выполнения данной работы реализована диалоговая система с чат-ботом на основе мессенджера Telegram.

При создании Telegram-бота выбран язык программирования Python, система управления базами данных SQLite и «асинхронная» библиотека aiogram, предназначенная для разработки ботов. В качестве среды разработки была выбрана PycharmIDE

На основе приведенных выше технологий удалось спроектировать, разработать и протестировать приложение со следующим функционалом:

- отправка документов на получение материальных поощрений;
- предоставление возможности просмотра ленты новостей;
- отправка заявки на вступление в тот или иной сектор студсовета;
- предоставление информационной помощи;
- загрузка новостных постов;
- загрузка шаблонов для последующей отправки ботов шаблона на получение материальной помощи;
- просмотр базы телефонных номеров;
- оповещение руководителя сектора на электронную почту о входящей заявке.

В дальнейшем при развитии проекта следует добавить возможность автоматического заполнения документов и редактирования внутренней базы данных.

### **Список литературы**

1. Чурсин Г. С. Встраиваемый чат-бот в готовые корпоративные системы / Г. С. Чурсин, Н. И. Исмоилов, А. В. Доржиев ; науч. рук. М. Е. Семенов // Перспективы развития фундаментальных наук : сборник научных трудов XVI Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, г. Томск, 23-26 апреля 2019 г. : в 7 т. — Томск : Изд-во ТПУ, 2019. — Т. 3 : Математика. — С. 92-94.

2. Чат-бот такси “Максим” [электронный ресурс] – URL: <https://t.me/taximaximbot?start=botostore> (дата обращения: 10.05.2022) доступ свободный.

3. Чат-бот “Связной” [электронный ресурс] – URL: <https://www.vedomosti.ru/management/articles/2016/07/19/649649-set-svyaznoi-zapustila-bota> (дата обращения: 10.05.2022) доступ свободный.
4. Чат-бот “AviaSales” [электронный ресурс] – URL: <https://vc.ru/u/92100-aleksandr-kozlov/778-avialos-telegram-bot-po-poisku-biletov> (дата обращения: 10.05.2022) доступ свободный.
5. ТПУ абитуриент [Электронный ресурс] – URL: <https://play.google.com/store/apps/details?id=ru.tpu.enrollee/> (Дата обращения: 11.03.2022) доступ свободный.
6. Гэддис Т. Начинаем программировать на Python. – 4-е изд.: Пер. с англ. – СПб.:БХВ-Петербург, 2019. 880с.
7. Пономарев Д. А. Работа с базами данных при помощи языка программирования Python и СУБД SQLite3 в школьном курсе информатики //Информационные технологии в образовании. – 2020. – №. 3. – С. 187-191.

## Подходы к повышению степени автоматизации разработки технологических процессов

Е. В. Маерова, email: mayorova68liza@mail.ru <sup>1</sup>

А. И. Скоморохова, email: nasta373@mail.ru <sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»

**Аннотация.** *Рассматриваются современные решения в области повышения автоматизации подготовки технологических процессов для операций, выполняемых на станках с ЧПУ. Обоснована актуальность разработки универсальных циклов обработки резанием.*

**Ключевые слова:** *технологический процесс, САПР, обработка резанием, ЧПУ.*

### Введение

Одна из важнейших задач, которая ставится перед технологией машиностроения, – повышение производительности труда при сохранении требуемого качества выпускаемой продукции с наименьшей себестоимостью. В настоящее время это достигается повышением степени автоматизации производства, применением накопленного опыта и научных знаний в области машиностроения. Широкое распространение получают системы автоматизированного проектирования (САПР) и математическое моделирование процессов с применением вычислительной техники [1-3].

По целевому назначению САПР в общем случае подразделяются на:

– CAD-системы (Computer-aided design), предназначенные для конструирования деталей, подготовки чертежей, спецификаций и сопутствующей документации. Эти системы автоматизируют труд инженера-конструктора и позволяют решать задачи проектирования изделий и оформления технической документации при помощи персонального компьютера;

– CAE-системы (Computer-aided engineering), предназначенные для проведения инженерного анализа с целью предварительной оценки работоспособности проектируемого изделия. Их применяют, например, для расчетов конструктивной прочности, анализа тепловых процессов, расчетов гидравлических систем и механизмов и т.д.;

– САМ-системы (Computer-aided manufacturing), предназначенные для выполнения технологической подготовки производства изделия. Их используют для автоматизации расчетов траекторий перемещения инструмента при обработке на станках с ЧПУ и генерирования УП.

Развитие САД/САМ/САЕ-систем продолжается уже несколько десятилетий. Применение САПР во много раз ускоряет и облегчает разработку как конструкторской, так и технологической документации от стадии проектирования на ранних этапах до передачи изделия в производство. При этом достигается сокращение ошибок при осуществлении расчетов, составлении текстовой и технической документации, выполнении чертежно-графических работ.

Наиболее эффективным средством повышения производительности труда является внедрение в технологические линии станков с числовым программным управлением (ЧПУ). Внедрение на предприятиях станков с ЧПУ значительно облегчило производство сложных деталей высокой точности и вместе с тем изменило применявшиеся ранее подходы к проектированию ТП. Стремление к развитию гибких систем, способных к быстрой переналадке на выпуск новой продукции, и автоматизации труда сопровождается необходимостью детальной проработки всех этапов создания изделия [4-5].

При создании технологического процесса необходимо комплексно решать как технологические задачи, ориентированные на определение параметров операций изготовления данного объекта в заданных производственных условиях, так и организационно-экономические, определяющие форму взаимодействия элементов производства для обеспечения создания детали с требуемыми качественными показателями.

### **1. Проектирование технологического процесса**

В общем виде можно сформулировать следующую последовательность действий, выполняемых при проектировании технологического процесса:

- обеспечение технологичности конструкции изделия;
- разработка маршрутного технологического процесса обработки на основе имеющегося опыта;
- анализ производственных возможностей конкретного предприятия;
- создание операционных карт и эскизов с указанием всех переходов и перемещений режущего инструмента;
- проектирование и изготовление средств оснащения, выбор инструмента;

- разработка УП на основе особенностей условий производства и технологического оснащения с использованием современных САПР;
- оценка экономических показателей и целесообразности принятых решений;
- отработка и внедрение УП в производство, корректировка разработанной технологии на основе эмпирических данных.

Все технологические задачи, решаемые в процессе подготовки производства можно представить в виде структурной схемы (рисунок).

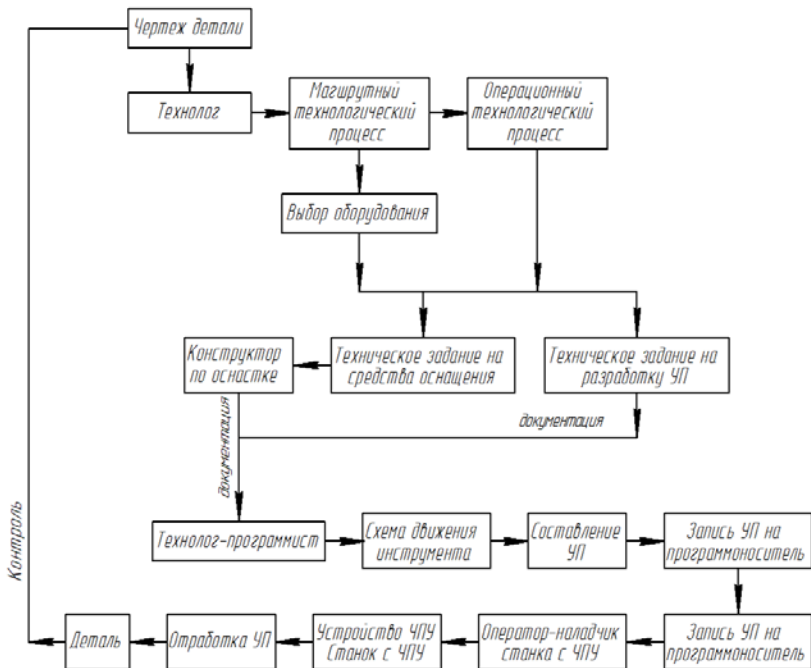


Рисунок. Структура проектирования технологии изготовления деталей на станках с ЧПУ

## 2. Разработка управляющей программы

Основным этапом при подготовке технологических процессов механической обработки с применением станков с ЧПУ является разработка и последующее внедрение управляющей программы (УП) в производство.

Существуют три метода программирования обработки для станков с ЧПУ [2]:

- ручное программирование;
- программирование на пульте УЧПУ;
- программирование при помощи САМ-системы.

При ручной подготовке программы составляются в коде и записываются на носитель, после чего производится контроль УП и ее редактирование. Такое программирование является достаточно утомительным занятием, однако в нашей стране существует немало предприятий, где используется именно этот метод. Объясняется это тем, что если на заводе несколько станков с ЧПУ, на которых изготавливаются относительно простые детали, то грамотный технолог-программист способен эффективно работать без средств автоматизации собственного труда.

При программировании на пульте УЧПУ программы создаются и вводятся непосредственно на стойке ЧПУ с использованием клавиатуры и дисплея. Данный метод приобрел популярность благодаря развитию систем ЧПУ, улучшению их интерфейса и возможностей. Особенно эффективен такой подход при наличии постоянных циклов и заранее разработанных подпрограмм, которые оператору достаточно вставить в код основной УП.

При программировании с использованием САМ-систем технолог-программист описывает исходные данные о детали на входном языке системы, задает траекторию и параметры инструмента, а САПР через постпроцессор преобразует УП в понятный машине код. Несмотря на удобство такого подхода, он имеет существенный недостаток в виде необходимости наличия дорогостоящих постпроцессоров для различных станков с ЧПУ. По этой причине интерес представляет написание базовой УП с использованием стандартных циклов и подпрограмм, которые по мере необходимости вызываются при обработке конкретных изделий.

Современные системы ЧПУ обладают большим набором разнообразных постоянных циклов (преимущественно для обработки отверстий, точения контуров, фрезерования, получения элементарных поверхностей и др.), что в значительной степени сокращает затраты времени на написание УП. Однако, при программировании обработки деталей, обладающих сложной конфигурацией, встроенных в систему циклов может быть недостаточно [6].

Для решения этой проблемы в научно-исследовательской лаборатории систем ЧПУ МГТУ «Станкин» была разработана универсальная система ЧПУ «АксиОМА Контрол» [7], позволяющая создавать собственные постоянные циклы в виде параметрических программ, как показано в работе [8]. На основе конструктивно-

технологического анализа определяются геометрические параметры цикла и разрабатывается алгоритм выполнения цикла. После выбора стратегии обработки подготавливается код параметрической программы и осуществляется ее обработка.

### **Заключение**

Стремительное развитие компьютерных и информационных технологий привело к появлению CAD/CAM/CAE-систем, которые являются наиболее продуктивными инструментами для решения указанных задач. Несмотря на то, что программирование с использованием CAM-систем достаточно удобно, существует существенный недостаток, заключающийся в необходимости дорогостоящего постпроцессора для преобразования УП в понятный машине код, что делает актуальным вопрос о разработке универсальных параметрических программ.

### **Список литературы**

1. Digital manufacturing: History, perspectives, and outlook / G. Chryssoulouris [et al.] // Proc. Inst. Mech. Eng. Part B J. Eng. Manuf. – 2009. – Vol. 223. – № 5. – P. 451–462.
2. Ловыгин, А.А. Современный станок с ЧПУ и CAD/CAM-система / А.А. Ловыгин, Л.В. Теверовский. – Москва: ДМК Пресс, 2012. – 279 с.
3. Мартинова, Л.И. Мировые тренды, возможности и перспективы развития систем ЧПУ станочного оборудования / Л. И. Мартинова, Г. М. Мартинов // СТИН. – 2019. – №7. – С. 28-31.
4. Гурьянихин, В.Ф. Проектирование технологических процессов обработки заготовок на станках с ЧПУ: учебное пособие. / В.Ф. Гурьянихин, М.А. Белов, А.Д. Евстигнеев. – Ульяновск: УлГТУ, 2007. – 121 с.
5. Программирование обработки на оборудовании с ЧПУ. В 2 томах: учебник / Евгеньев Г.Б. [и др.] – Москва: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2018. – 328 с.
6. Мартинова, Л. И. Разработка постоянных циклов токарной обработки / Л. И. Мартинова, С. Ю. Цай // Вестник МГТУ «Станкин». – 2021. – № 4(59). – С. 8-12.
7. ЧПУ "АксиОМА Контрол" [Электронный ресурс]. – Электрон. журн. – Режим доступа: <http://www.ncsystems.ru/index.php/ru/chpu-aksioma-kontrol>
8. Martinova, L. I. Development of standardized tools for shopfloor programming of turning and turn-milling machines / L. I. Martinova, R. L. Pushkov, N. N. Fokin // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering : International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment 2019 ( Sevastopol, 9–13 сентября 2019 г.) – Sevastopol: Institute of Physics Publishing, 2020. – С. 044064.



## Методология разработки тестов для системы дистанционного обучения

Д. Е. Пачевский, email: 600rub@mail.ru

А. А. Пак, email: pak@mail.com

О. В. Собенина, email: sobenina36@mail.ru

Воронежский государственный технический университет

**Аннотация.** *В статье рассмотрены вопросы создания контрольных тестов для системы дистанционного обучения, основанные на экспертных оценках. Данная тематика является крайне актуальной в настоящее время, так как сейчас сильно возросла потребность в современных интеллектуальных системах дистанционного обучения, основанных на инновационных компьютерных технологиях, позволяющих обучающемуся полностью организовать свой процесс обучения согласно своим предпочтениям и требованиям рынка. Такие системы должны не только предоставлять методические материалы, но и выстраивать цепочку из этапов обучения и контроля знаний после каждого такого этапа, основываясь на функциях, которые заложены в данные промежутки обучения.*

**Ключевые слова:** *экспертная система, нечеткие множества, тестовые задания, дистанционное обучение, математическая модель.*

### Введение

Мировая пандемия 2020-2021 годов оказала большое влияние на сферу образования. Как показала практика летнего и осеннего семестров, учебные заведения были совершенно не готовы к ней. В спешном порядке вузами были запущены свои собственные системы дистанционного обучения, которые с трудом справлялись с повседневными задачами, решаемыми в стандартном очном образовательном процессе. Если механизм предоставления студентам учебно-методических материалов удалось вывести на минимально-допустимый уровень, то процесс контроля знаний оказался трудно выполнимым для большинства преподавателей и студентов. Если при стандартной системе контроля знаний, преподаватель мог поговорить со студентом, задать ряд дополнительных вопросов, уточнить спорные моменты в контрольных или курсовых работах, то при нынешней ситуации дистанционного обучения все свелось к наличию загруженной в систему ДО работы, которая оценивалась зачастую только по ее

наличию. Естественно говорить о качестве и полноте полученных знаний в такой ситуации бессмысленно. Если расчетно-графические работы еще можно как-то оценить, то зачеты и экзамены, в которых требуется получить устный ответ, теперь выполнены в виде тестов, а тест, как известно, не дает полной картины о глубине знаний экзаменуемого.

В данной статье предлагается использовать продвинутую систему тестирования, в основе которой лежит экспертная система оценки каждого из вопросов. Данная система заполняется тестовыми заданиями, в которых помимо правильных ответов на вопросы, учитывается сложность, время и приоритетность ответа перед другими правильными, если в задании есть множественный выбор.

Эти показатели для каждого вопроса назначаются экспертно группой. Данная методика требует применения математической модели, основанной на теории нечетких множеств. Для оценки полноты знаний необходимо разбить вопросы на некие группы и присвоить каждой из этих групп свой собственный уровень сложности, который назначается отдельно всеми участниками экспертной группы. Причем каждый из экспертов оценивает уровень сложности по своему, в зависимости от своего отношения к той или иной предметной области. После этого необходимо обработать полученные результаты с применением теории нечетких множеств.

Для оценивания достоверности и значимости полученных результатов будем использовать коэффициент конкордации.

Описанная выше экспертная группа должна состоять из специалистов различного профиля, мнение которых будет иметь разный вес. Это необходимо для того чтобы разграничить специалистов по уровням профессиональных компетенций.

В первую очередь задания составит непосредственно преподаватель-эксперт, заинтересованный в получении оценочных материалов. Именно он сформирует первоначальные тестовые задания, разработает уровни сложности и распределит вопросы по группам. Далее тест оценивают методисты-тестологи. Они должны оценить корректность и понятность заданий и ответов. Это очень важный показатель, так как именно корректность постановки вопроса может сильно влиять на полноту ответа.

Окончательно сформировать тест должна группа специалистов в предметной области, которая примет решение о необходимости внесения тех или иных заданий в общий тест. Их решение должно зависеть от этапа контроля, на котором будет применяться данное

тестирование. Это может быть внутри семестровый тест, итоговый тест или оценка остаточных знаний.

Назначим данным группам экспертов уровень компетентности  $U$ .

$\mu_i(C) = [0,1]$  – уровень принадлежности к множеству «компетентный эксперт», тогда

$Y_i = \{\mu_{i1}(C1)/C1, \mu_{i2}(C2)/C2, \mu_{i3}(C3)/C3, \dots, \mu_{in}(Cn)/Cn\}$  – компетентность отдельно взятого эксперта [2].

Теперь необходимо сформировать матрицу.

$$Y = \begin{vmatrix} \mu_{u1}(C_1)/C_1 & \mu_{u1}(C_2)/C_2 & \mu_{u1}(C_3)/C_3 & \dots & \mu_{u1}(C_n)/C_n \\ \mu_{u2}(C_1)/C_1 & \mu_{u2}(C_2)/C_2 & \mu_{u2}(C_3)/C_3 & \dots & \mu_{u2}(C_n)/C_n \\ \mu_{u3}(C_1)/C_1 & \mu_{u3}(C_2)/C_2 & \mu_{u3}(C_3)/C_3 & \dots & \mu_{u3}(C_n)/C_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \mu_{un}(C_1)/C_1 & \mu_{un}(C_2)/C_2 & \mu_{un}(C_3)/C_3 & \dots & \mu_{un}(C_n)/C_n \end{vmatrix},$$

Определим сложность  $D$  группы тестовых заданий. Для [1] этого необходимо сформировать множество экспертных оценок  $i$ -е.

Для одного эксперта сложность  $F_i$  можно представить в таком виде [1].

$$F_i = \{\mu_{Fi}(N1)/N1, \mu_{Fi}(N2)/N2, \mu_{Fi}(N3)/N3, \dots, \mu_{Fi}(Nn)/Nn\},$$

где  $\mu_{Di}$  – степень принадлежности к множеству «сложный вопрос». Далее сформируем матрицу  $D$ :

$$F = \begin{vmatrix} \mu_{F1}(N_1)/N_1 & \mu_{F1}(N_2)/N_2 & \mu_{F1}(N_3)/N_3 & \dots & \mu_{F1}(N_n)/N_n \\ \mu_{F2}(N_1)/N_1 & \mu_{F2}(N_2)/N_2 & \mu_{F2}(N_3)/N_3 & \dots & \mu_{F2}(N_n)/N_n \\ \mu_{F3}(N_1)/N_1 & \mu_{F3}(N_2)/N_2 & \mu_{F3}(N_3)/N_3 & \dots & \mu_{F3}(N_n)/N_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \mu_{Fn}(N_1)/N_1 & \mu_{Fn}(N_2)/N_2 & \mu_{Fn}(N_3)/N_3 & \dots & \mu_{Fn}(N_n)/N_n \end{vmatrix}$$

Во время присваивания сложности надо учитывать компетентность эксперта. Для этого следует перемножить матрицы  $F \times U$ .

$$F \times U = \begin{vmatrix} (\mu_{F1}(N_1)/N_1) \times (\mu_{y1}(C_1)/C_1) & \dots & (\mu_{F1}(N_n)/N_n) \times (\mu_{y1}(C_n)/C_n) \\ (\mu_{F2}(N_1)/N_1) \times (\mu_{y2}(C_1)/C_1) & \dots & (\mu_{F2}(N_n)/N_n) \times (\mu_{y2}(C_n)/C_n) \\ (\mu_{F3}(N_1)/N_1) \times (\mu_{y3}(C_1)/C_1) & \dots & (\mu_{F3}(N_n)/N_n) \times (\mu_{y3}(C_n)/C_n) \\ \dots & \dots & \dots \\ (\mu_{DF}(N_1)/N_1) \times (\mu_{yn}(C_1)/C_1) & \dots & (\mu_{DF}(N_n)/N_n) \times (\mu_{yn}(C_n)/C_n) \end{vmatrix}$$

Далее необходимо определить согласованность мнений участников экспертной группы:

$$W = \frac{12S}{l^2(m^3 - m)},$$

где  $S$  - сумма квадратов отклонений всех оценок рангов каждого объекта экспертизы от среднего значения;  $l$  – количество членов экспертной группы;  $m$  - число тестовых заданий.

Согласованность  $W$  изменяется в диапазоне  $0 \leq W \leq 1$ , причем 0 - полная несогласованность, 1 - полное единодушие [3]. Этот коэффициент задается в пределах общепринятых значений  $0,99 \leq W \leq 0,7$ .

Количество экспертов  $l$ , необходимое для точности измерения, следует устанавливать на основе закона распределения мнений экспертной группы и максимально допустимой стандартно ошибки оценки  $S_x$ . На основе этого, возможно определить минимальное количество экспертов  $l$ , обеспечивающих необходимую точность измерения:

$$l = \sqrt{\frac{S_x}{S_{LQ}}}$$

где  $S_x$  - максимально допустимая стандартная ошибка оценки;  $S_{LQ}$  - отклонение.

$$S_{LQ} = \sqrt{\left( \frac{1}{n_1 - 1} \sum (x_1 - \bar{x})^2 \right)}$$

где  $\bar{x}$  - среднеарифметическое значение оценок экспертов;  $n_1$  - число оценок, дававшихся экспертами [1].

После этого необходимо определить среднее по всем экспертам группы значение  $\mu_{Fi}(N_j)$ .

$$\mu_{Fi}^{cp}(N_j) = \frac{\sum_{j=1}^n \mu_{Fi}(N_j)}{l},$$

Коэффициент весомости определяем по формуле (9):

$$\mu_i(N_j) = \frac{\mu_{Fi}^{cp}(N_j)}{\sum_{i=1}^N \mu_{Fi}(N_j)},$$

При классической форме прохождения теста время выполнения заданий не учитывается, или же является ограничивающим фактором, когда тест заканчивается, если тестируемый не уложился в заданный промежуток времени. Однако при правильном подходе учет времени может показать экспертам полноту и глубину знаний тестируемого. Хорошо подготовленный студент, может быстрее реагировать на тестовое задание и выбирать правильный ответ, не тратя время на прочтение остальных ответов, или не вчитываясь в вопрос уже зная,

как полно на него ответить. При множественном выборе такой студент не будет анализировать представленные ответы, а сразу укажет правильные из списка. Студент, обладающий полными знаниями, не будет вчитываться в вопрос и долго раздумывать над его содержанием, а сразу будет указывать правильный ответ. Педагоги, проверяющие результаты такого тестируемого смогут оценивать не только правильность, но и скорость прохождения теста, что напрямую сигнализирует о хорошей подготовке.

Необходимо разделить общее время выполнения всего теста на некие промежутки выполнения одного тестового задания, которые будут находиться в пределах  $t_{min}$  и  $t_{max}$ .

Эти временные промежутки измеряются в секундах и переводятся экспертами в функцию  $\mu t$  (множество «быстрый ответ»). Каждый эксперт сам определяет значение каждого временного промежутка для отдельного вопроса и присваивает свой коэффициент каждому из промежутков.

Разобьем интервал от  $t_{min}$  до  $t_{max}$  на 10 отрезков:  $T_{it} = \{\mu t(1)/1, \{\mu t(2)/2, \{\mu t(3)/3, \dots, \{\mu t(10)/10\}$  – мнение одного эксперта.

На основе полученных значений сформируем матрицу  $T$  [3].

$$T = \begin{bmatrix} \mu_{t1}(1)/1 & \mu_{t1}(2)/2 & \mu_{t1}(3)/3 & \dots & \mu_{t1}(10)/10 \\ \mu_{t2}(1)/1 & \mu_{t2}(2)/2 & \mu_{t2}(3)/3 & \dots & \mu_{t2}(10)/10 \\ \mu_{t3}(1)/1 & \mu_{t3}(2)/2 & \mu_{t3}(3)/3 & \dots & \mu_{t3}(10)/10 \\ \mu_{tm}(1)/1 & \mu_{tm}(2)/2 & \mu_{tm}(3)/3 & \dots & \mu_{tm}(10)/10 \end{bmatrix},$$

Согласованность мнения экспертов определяем по величине коэффициента  $W$  (формула 5).

Учет времени и сложности вопроса, а так же количество правильных ответов не достаточны для определения полноты знаний. Разработчиками тестовых систем и самих тестов необходимо создавать такие тестовые задания, учитывая более широкий круг критериев и функциональное назначение отдельных тестов. Этапы тестирования могут быть разными. Как уже говорилось выше, это может быть промежуточный контроль, итоговый контроль, проверка остаточных знаний. Следовательно, и подсчет итоговой оценки за прохождения теста необходимо вести с учетом приоритета цели и уровня правильности ответа.

При создании тестовых заданий не следует ограничиваться только одними стандартными формами построения теста. Имеется в виду так называемая открытая форма, где есть вопрос и несколько вариантов ответов, один из которых правильный. В этом случае существует

возможность просто угадать ответ. Необходимо использовать и другие формы задания. Такие как: закрытая форма, установление соответствия, установление порядка, множественный выбор. Каждая из таких форм будет иметь свой «вес», назначаемый участниками экспертной группы.

Создадим множество «качество ответа», которое разделим на четыре группы:

«отличный ответ» (4), «хороший ответ» (3), «удовлетворительный ответ» (2), «неправильный ответ» (1). В данном случае мнение одного эксперта будет выглядеть так:

$$N_{ij}^{np} = \{\mu^{np}(4)/4, \{\mu^{np}(3)/3, \{\mu^{np}(2)/2, \dots, \{\mu^{np}(1)/1\},$$

где  $i$ -  $i$ -итый вопрос;  $j$ -  $j$ -итый эксперт.

Сформируем матрицу  $N_j$

$$N_j = \begin{pmatrix} \mu_1^{np}(4) & \mu_1^{np}(3) & \mu_1^{np}(2) & \mu_1^{np}(1) \\ \mu_2^{np}(4) & \mu_2^{np}(3) & \mu_2^{np}(2) & \mu_2^{np}(1) \\ \mu_3^{np}(4) & \mu_3^{np}(3) & \mu_3^{np}(2) & \mu_3^{np}(1) \\ \mu_n^{np}(4) & \mu_n^{np}(3) & \mu_n^{np}(2) & \mu_n^{np}(1) \end{pmatrix},$$

Далее необходимо воспользоваться коэффициентом согласованности  $W$  (формула 5).

Для определения средних показателей мнений экспертов по каждому из критериев (сложность, время, правильность) надо воспользоваться дефазификацией нечеткого множества [2]:

$$A = \sum_{i=1}^k \mu_A(B_i) / B_i,$$

по методу центра тяжести:

$$a = \frac{\sum_{i=1}^k u_i * \mu_A(B_i)}{\sum_{i=1}^k \mu_A(B_i)},$$

где  $B$  – уровень важности вопроса для студента. Имеется ввиду, что вопросы по дисциплинам специализации имеют более высокий приоритет.

Далее рассчитывается максимально возможное значение по всем вопросам теста [2]:

$$P_{ц}^{\max} = \sum_{i=1}^n \left( \mu_{Fi}^{\text{ср}} \times \mu_{ti}^{\text{срmax}} \times \mu_{\text{при}}^{\text{срmax}} \right),$$

где n – количество вопросов теста.

После завершения тестирования, студент получает некий результат:

$$P_{ц}^{\text{реал}} = \sum_{i=1}^n \left( \mu_{Fi}^{\text{ср}} \times \mu_{ti}^{\text{ср-реал}} \times \mu_{\text{при}}^{\text{ср-реал}} \right),$$

Реальная оценка получается из соотношения итогового результата к максимально возможному идеальному результату.

$$\text{Результат} = \frac{P_{ц}^{\text{Реал}}}{P_{ц}^{\text{max}}}.$$

### **Заключение**

В результате применения данной модели можно получить гораздо более точные сведения об уровне знаний обучаемых. В классической форме обучения итоговая оценка знаний может быть использована при формировании индивидуальных учебных планов или применяться для контроля остаточных знаний. В дистанционной форме обучения такие тестовые задания могут иметь различные функции для каждого из этапов обучения и способны максимально приблизиться к классического форме сдачи экзамена.

Применение экспертных систем в данной модели предоставляет возможность формировать тестовые задания, основываясь на мнении множества специалистов в предметной области, методистов и психологов, что позволяет получить более узконаправленные задания, или подготовить тесты для углубленного анализа психофизиологических особенностей обучаемых.

### **Литература**

1. Кузьмина И. А., Устинов В. А. Принципы и методы создания курсов дистанционного обучения // Университетское управление: практика и анализ. – 2000. – №. 1.
2. Вайндорф-Сысоева М., Грязнова Т., Шитова В. Методика дистанционного обучения. Учебное пособие для СПО. – Litres, 2020.
3. Неустроева М. П. Концепция создания системы дистанционного обучения в высшем учебном заведении // Ученые записки ИУО РАО. – 2016. – №. 4. – С. 60.

## Разработка системы «Health & Science»

Т. Н. Подоприхина, email: tuskan20021@gmail.com

И. С. Талдыкин, email: f55dota217@gmail.com

В. С. Никулин, email: mail.jorey@gmail.com

Воронежский государственный технический университет

**Аннотация.** *В данной статье говорится о создании системы "Health & Science", которая позволяет пациентам следить за своим здоровьем, не посещая лишней раз медицинские организации, благодаря получению автоматических рекомендаций от системы, а также рекомендаций от медицинских работников в своей электронной медицинской карте.*

**Ключевые слова:** *медицина, здоровье, студенты, электронная медицинская карта*

### Введение

После анализа информационного обеспечения системы оказания медицинской помощи студентам Воронежа, было выявлено фактическое отсутствие технических и технологических средств мониторинга здоровья в процессе обучения, что в значительной степени объясняет низкую эффективность деятельности системы здравоохранения по уменьшению потерь здоровья среди лиц молодого возраста. Наличие документа, содержащего всю информацию о здоровье молодых людей, является острой необходимостью.

### 1. Обзор существующих решений и цель работы

Существует множество решений, которые направлены на создание и работу с электронной медицинской картой, но максимально приближенные варианты с полными данными заключений врачей и их рекомендаций, результатов анализов пока что доступны только жителям Московского района и Санкт-Петербурга. Во всех остальных регионах доступна только часть информации, от региона к региону она разнится.

Одним из аналогов разрабатываемой системы является личный кабинет пациента "Атлас пациента".

Возможности "Атласа пациента": просмотр результатов медицинских исследований, просмотр динамики медицинских измерений, отправка файлов врачу, видео-консультации с врачами, календарь событий пациента, напоминания по событиям, онлайн запись



на прием и видео-консультации, вызов врача, просмотр документов, онлайн оплата услуг.

Недостатки “Атласа пациента” по сравнению с разрабатываемой системой: отсутствие визуализации назначений по коррекции здоровья, невозможность пройти регистрацию без посещения клиники, отсутствие оснащения поросом для первичного выявления проблем по системам органов, данные не систематизированы.

Целью разрабатываемой системы заключается в сохранении и коррекции здоровья населения с возможностью комплексного сбора и обработки информации о пациенте, с особым упором на студентов высших учебных заведений Воронежской области.

Задачи системы:

1. Создать рабочую среду для мониторинга и коррекции состояния здоровья студентов Воронежской области с целью проверки работы приложения и наполнения базы данных.
2. Расширить охват за счет внедрения в другие медицинские университеты Российской Федерации.
3. Сформировать предложения о модернизации личных кабинетов медицинских организаций.

Основные категории целевой аудитории:

- индивидуальные пользователи (пациенты);
- врачи;
- медицинские организации;
- медицинские университеты;
- научные сотрудники.

Проблемы, на решение которых направлена создаваемая система:

- Для пациентов: проблема визуализации данных о состоянии своего здоровья, его коррекции и рациональном посещении медицинских организаций.
- Для врачей и медицинских организаций: проблема популяризации личности эксперта и организации, проблема визуализации широко распространенных заболеваний в формате цифровых данных, проблема удаленной работы с пациентами.
- Для медицинских университетов: проблема отсутствия технических и технологических средств мониторинга здоровья студентов в процессе обучения.
- Для научных сотрудников: проблема отсутствия административного доступа в базу данных и как следствие возможность вести научную работу.

## 2. Описание особенностей будущей системы

Система “Health & Science” представляет собой веб-приложение, после регистрации в котором, пользователь может пройти стандартный опрос, загрузить и/или просмотреть результаты анализов. На основе результатов опроса, который составляется с учетом разных проблемных областей со здоровьем, система предоставляет автоматические рекомендации, которые несут советующий характер, полноценные рекомендации может оставлять медицинский работник. Все рекомендации пользователь может просмотреть у себя в личном кабинете на отдельной вкладке.

Особенности системы:

- удовлетворение потребности в рациональном посещении медицинских организаций;
- информационное просвещение о коррекции здоровья;
- поддержание здорового образа жизни;
- экономия времени при прохождении медицинских исследований;
- создание высококачественного визуального контента для использования в профессиональной сфере;
- предоставление цифровых инструментов для модернизации личных кабинетов пользователей.

Также к особенностям можно отнести реализацию такой системы с использованием современного стека технологий, который был уже использован при создании предыдущей системы [5]:

- язык программирования Python, фреймворк Django и СУБД SQLite для вычислительной части;
- HTML, CSS и фреймворк Bootstrap – для интерфейсной части.

Этапы разработки системы.

Этап №1:

- экономический анализ проекта;
- оформление юридического лица;
- подготовка медицинских данных системы;
- создание прототипа.

Этап №2:

- подготовка клинических рекомендаций;
- тестирование прототипа;
- разработка технической части приложения;
- тестирование всего проекта.

### 3. Разработка WEB-приложения «Health & Science»

Основными требованиями к технической стороне были:

- возможность зарегистрироваться и авторизоваться;
- реализация личного кабинета для студента (пациента);
- реализация личного кабинета для врача;
- возможность пройти анамнез, блок вопросов для выяснения диагноза и расчёта баллов;
- возможность вывода автоматических рекомендаций от системы на основе баллов опроса;
- возможность просматривать полученные рекомендации;
- возможность просмотреть всех студентов с поиском и фильтрацией;
- возможность просмотреть все рекомендации для конкретного студента.

С учётом всех вышеперечисленных требований можно было начинать разработку прототипа программного продукта.

Для начала была спроектирована физическая модель базы данных [4] (рис. 1).

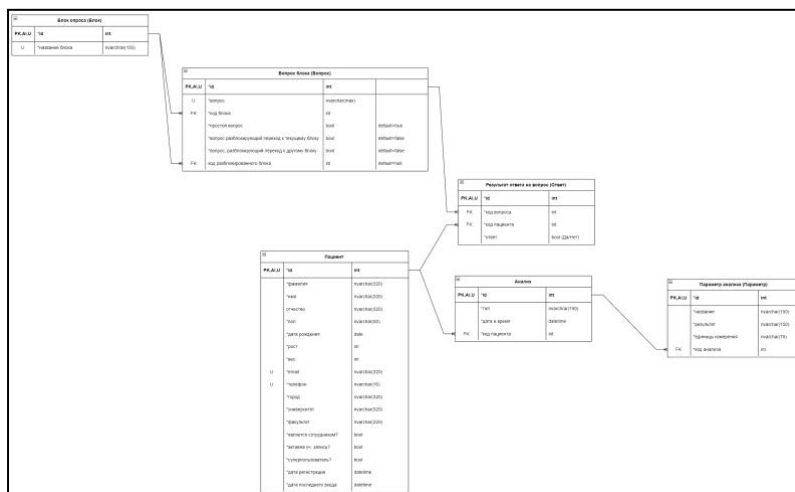


Рис. 1. Физическая модель базы данных WEB-приложения

Далее, была реализована возможность зарегистрироваться и авторизоваться. При регистрации пользователь указывает все свои данные, соглашается с политикой конфиденциальности и отправляет их. После этого ему на почту приходит письмо с запросом подтверждения

аккаунта, чтобы он мог авторизоваться. Дизайн для обеих страниц изображен ниже:

Опрос о состоянии здоровья

Вход в личный кабинет

Эл.почта

Пароль

Войти

Войти как врач

а

Опрос о состоянии здоровья

Укажите информацию о себе

Перед началом опроса пожалуйста, заполните информацию о себе

Фамилия

Имя

Отчество

Пол

Мужской Женский

Возраст

Страна

Город

Адрес электронной почты

Мобильный телефон

Учебное заведение

Факультет

Я согласен(на) на обработку персональных данных

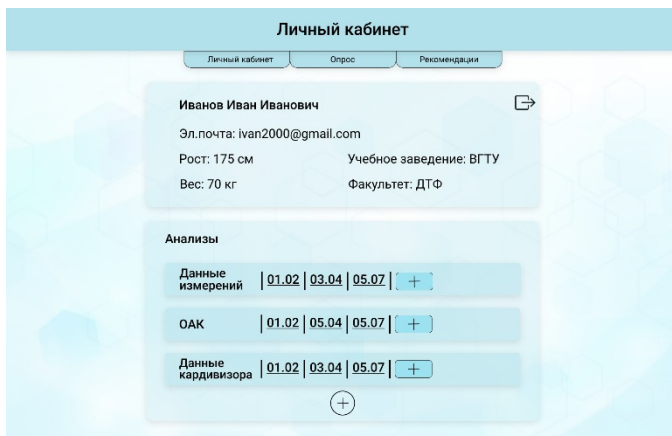
Назад Зарегистрироваться

б

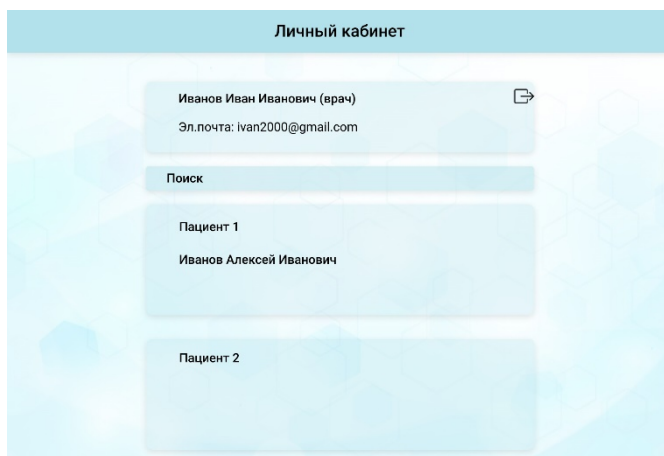
*а – страница авторизации, б – страница регистрации*

*Рис. 2. Дизайн страниц регистрации и авторизации*

Так как в требованиях указано, что необходимо иметь разный личный кабинет для пациента и врача, то необходимо реализовать ролевую систему. Следовательно, при авторизации пользователя происходит определение типа аккаунта и, соответственно, загружается нужный UI:



а



б

*а – личный кабинет пациента, б – личный кабинет врача*

*Рис. 3. Личные кабинеты для пациента и врача*

Далее, пользователь после авторизации проходит блок вопросов, с целью получения некоторого общего балла, по которому в дальнейшем будет ставиться автоматический диагноз с рекомендациями. Вопросы заранее заготовлены и сверстаны на HTML-макете в виде формы, которая по прохождению отправляется на сервер, где и происходит её обработка [3].

После обработки и получения общего балла пользователю системой сообщается возможный диагноз и список рекомендаций по его диагнозу в автоматическом порядке, учитывая систему баллов.

Врач, как человек, который должен рассматривать сложные случаи, может просмотреть список пациентов в своём личном кабинете, выбрать интересующего его пациента, просмотреть его анамнез, диагноз, поставленный системой и её рекомендации, на основании чего, сделать выводы и связаться с пациентом в случае необходимости. К слову, пациентов в личном кабинете можно отфильтровать по различным признакам (вес, пол, возраст и т.п.) для удобства врача.

### **Заключение**

В ходе работы разработана система, в которой выстраивается взаимодействие пациента и врача, обеспечивая тем самым эффективность и удобство.

### **Список литературы**

1. Хрушков, А. Е. Создание системы поиска медицинской информации в электронной медицинской карте для помощи в принятии решения врачом : научная статья / А. Хрушков // АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК: сборник статей. – 2018. – С. 30-34.
2. Зингерман, Б. В. Персональная электронная медицинская карта — сервис, доступный уже сейчас : научная статья / Б. Зингерман // Менеджер здравоохранения. – 2010. – №7. – С. 53-62.
3. Дронов, В. А. Django 3.0. Практика создания веб-сайтов на Python / В. А. Дронов – СПб. : БВХ-Петербург, 2021. – 704 с.
4. Трещев, И. А. Базы данных. Учебное пособие. Для студентов / И. А. Трещев, Е. С. Кудряшова – ЛитРес, 2019. – 190 с.
5. Подоприхина, Т. Н. Выбор средств реализации системы студенческой оценки дисциплин и преподавателей / Т. Н. Подоприхина, И. С. Талдыкин, В. С. Никулин // Инновационный потенциал развития общества: взгляд молодых ученых : сборник научных статей 2- й Всероссийской научной конференции перспективных разработок (Курск, 1 декабря 2021 г.). – Т. 3. – Курск, 2021. – С. 361–364.

# **ШКОЛА-КОНФЕРЕНЦИЯ**

# **Секция 1**

## **Методика преподавания информатики**



# Социальные ориентиры и перспективы Hi-hume образования и преподавания информатики в условиях цифровизации и четвертой промышленной революции

Г. В. Абрамян, email: abrgv@rambler.ru<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена

<sup>2</sup> Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова

**Аннотация.** В статье рассматриваются социальные ориентиры, перспективы, тенденции, риски и направления реализации Hi-hume образования и преподавания информатики в условиях цифровизации и четвертой промышленной революции. Анализируются особенности и концептуальные ориентиры преподавания информатики в новых условиях, намечаются направления развития концепции преподавания информатики системы в цифровом будущем с учетом интеграции «физической», «цифровой» и «биологической» идентичности обучающихся, создания цифровых нейро/био/психо/социотехнологий и Hi-hume экосистем машинного управления социумом и искусственного интеллекта в условиях декарбонизации.

**Ключевые слова:** четвёртая промышленная революция, цифровизация, образование, преподавание информатики, риски, угрозы

## Введение

13 октября 2021 года Д.Чернышенко от лица М.Мишустина с президентом Всемирного экономического (Давосского) форума (ВЭФ) Бёрге Бренде был подписан меморандум о создании на базе АНО «Цифровая экономика» РФ центра четвертой промышленной революции. По замыслам учредителей центр должен объединить: 1) лидеров глобальной ИТ-индустрии, 2) промышленности, 3) науки, 4) образования, 5) медицины, 6) культуры, 7) бизнеса, 8) ведущие российские компании и государственные органы для изучения и внедрения современных ИТ-разработок в России.

Достаточно продолжительное время в РФ информатика и информационные технологии рассматривались в основном как функционально-сервисный инструментальный поддержки профессиональных, в основном экономических процессов и

предметных областей, в том числе, например науки и образования. В условиях «четвёртой промышленной революции» (ЧПР) структура информатики и разделов ее частных дисциплин, содержание и методы преподавания информатики должны быть пересмотрены и определяться новым «социальным» заказом. Структура, содержание и методы преподавания информатики, прежде всего, должны соотноситься с тактическими и стратегическими целями и концепциями развития как национальных государств в лице РФ, так и наднациональных структур глобального влияния и управления, например в лице ВЭФ с одной стороны, но с другой стороны они опираться и использовать современные методы активизации мозговой деятельности, в том числе, например Hi-hume подходы и технологии управления сознанием и образованием молодежи на базе современных цифровых Hi-tech сред и коммуникаций.

### **1. Социальные ориентиры и перспективы Hi-hume образования и преподавания информатики в условиях цифровизации и четвертой промышленной революции**

Анализ показывает, что современная высокоразвитая цивилизация все чаще функционирует в средах непрерывных социальных турбулентностей, неуправляемого а иногда и управляемого хаоса. В последнее время становится все очевиднее, что мировые элиты зачастую целенаправленно и последовательно разрушают веками сложившиеся «традиционные» концепции развития уже видимо исчерпавшего свои возможности глобального «капиталистического» ядра европейского мира. По всей видимости, параллельно будет проектироваться новое ядро и новое будущее. Уже разрабатываются, выстраиваются и поэтапно внедряются контуры новых социальных концепций развития. На основе например принципов «устойчивого» развития, разработки «нанотехнологий», слияния «физической», «цифровой» и «биологической» идентичности человека», новых цифровых финансовых инструментов – цифровых денег, биткоина и пр., цифровых образовательных, медицинских, научных и других «экосистем», «зеленых» концепций декарбонизации социума, интеграции нейро/био/психо/социотехнологий, машинного управления социумом, разработки систем так называемого «искусственного» интеллекта и робототехники, интернета вещей, тотальных 5G и 6G инфокоммуникаций и идей «прозрачности» субъектов нового мира и процессов на базе цифровой и биометрической идентификации, создания так называемых «сквозных» инфраструктур, платформ и технологий тотально собирающих и анализирующих данные всех социальных процессов, в том числе и личные данные. Для этого в

социуме широко используются Hi-hume технологии, разрабатываются и внедряются концепции так называемого «цифрового следа» образования, здоровья, экономической и профессиональной деятельности в том числе с использованием персональных QR-кодов.

В новых условиях основными целями глобальной повестки/программы ЧПР является постепенное Hi-hume реформатирование традиционных национальных, федеральных, региональных ценностей и культуры для достижения нового анклавно-тотального и уже внеэкономического и внерыночного Hi-hume контроля над: 1) экологией и ресурсами (ископаемыми, возобновляемыми, социальными и пр.) 2) информацией и информационными потоками (включая науку, образование, культуру, средства массовой информации и рекламы, средства агитации, дезинформации, социальные сети, и пр.), 3) поведением социума, 4) поддержанием образа и пропаганды позитивной/негативной молодёжной субкультуры (например, на основе персонализированного изучения и учета Hi-hume параметров отношения молодых/взрослых людей к подсистемам «поп-культуры», «рок-музыки», «секса», «наркотиков», «социальных сетей», «цифровых» ресурсов, «компьютерных игр», «фэнтэзи», «комиксов» и пр.), в которой основное значение играет возможность информационного управления примитивными инстинктами, подсознанием молодежи, в том числе на основе «социальных сетей», «компьютерных игр», «фэнтэзи», «комиксов» и пр., усиленным культурами «экстрасенсов» и неомгии, неоиолопоклонства, в том числе в лице «поп-звёзд», «звёзд» кино и спорта; 5) проектированием и созданием движений секс-меньшинств; возрождением идей мальтузианства, социал-дарвинизма, формирования и управление дуальными и веерными лжеполитическими движениями и партиями и пр.; 6) реформатированием традиционных ценностей семьи и сокращением численности населения, 7) информационной и физической подменой/блокированием/устранением/уничтожением институтов реальной социальной демократии и развития, технического прогресса, ликвидацией различного «инакомыслия» и потенциально опасных для глобальных, федеральных и региональных элит социальных групп и индивидуумов, в том числе на основе Hi-hume анализа цифровых данных об информационных процессах, связях и потоках, в том числе и финансовых на основе систем безналичных электронных платежей, 8) ликвидацией частной и личной собственности как институтов препятствующих превращению социума в объекты отчуждения и последующего присвоения, 9) атомизацией, трансформацией и информационным Hi-hume манипулированием сознанием молодежи и населением в целом на базе накопленного

персонального контента данных «цифровых личностей» на базе новых цифровых Hi-hume нейроинтерфейсов, [1] «искусственного» интеллекта, глобального Hi-hume управления цифровой идентичностью людей в агрегированных кастовых социальных структурах, социальных сетях, территориальных Hi-hume анклавах содержащих Hi-hume управляемые массы человеческого, в том числе инклюзивного материала для последующей переработки преимущественно в новые формы Hi-hume оцифрованных и полностью управляемых социобиоресурсов.

Hi-hume технологии цифровизации и четвертой промышленной революции предполагают пересмотр сложившихся традиционных представлений как о социуме в целом, так и о самих личностях взрослых/молодых людей, в том числе и обучающихся. В новых условиях в первую очередь предстоит задуматься о назначении и роли преподавателей информатики и ИТ для формирования адекватной Hi-hume подготовки новых поколений молодых людей к жизни в новых условиях.

Программа Hi-hume подготовки по информатике должна, прежде всего отражать: 1) изменения сложившихся способов восприятия окружающего мира, обработки данных, координации действий, производства продуктов и услуг на основе достижений в области нейро- и биотехнологий, 2) особенности начального этапа ЧПР - тотального разрушения сложившихся национально-государственных, федеральных, региональных, общинных, социальных и культурных институтов/структур/связей и коллективных традиций и создания нового универсального мирового порядка на основе заявляемого разработчиками концепции ЧПР постулата о неизбежности прихода «светлого, трансгуманистического» будущего в формах цифрового «крепостничества», «электронного тоталитаризма/коммунизма», глобального «концлагеря» необходимость которых очевидна как из самой программы-первоисточника ЧПР, так и из с упорством навязываемых и обслуживающих цифровизацию материалов пропаганды отечественных и западных СМИ, 3) неизбежные изменения антропологической сущности взрослого/молодого человека на основе: 3.1) Hi-hume развития и использования различных типов контекстуального интеллекта/ума (например с учетом того как именно и насколько глубоко взрослые/молодые субъекты понимают и как применяют полученные знания, 3.2) Hi-hume особенностей эмоционального интеллекта/ума (например, как именно и насколько глубоко взрослые/молодые субъекты обрабатывают и интегрируют свои/чужие мысли и идеи, как и насколько близко принимают их

«сердцем», 3.3) Hi-hume особенностей «лично-субъективного» интеллекта/ума (например, как именно и насколько глубоко взрослые/молодые субъекты используют свои/чужие чувства, доверие, вдохновение, «душу», личные и коллективные достижения, общие цели, блага для изменения ситуации к «лучшему», действию в общих интересах, 3.4) Hi-hume особенностей «физического» интеллекта/ума (например, как именно и насколько глубоко взрослые/молодые субъекты используют свое/чужое тело, как они развивают и поддерживают свое/чужое здоровье/благополучие, какие они имеют физические возможности и энергию для личного изменения, трансформации себя, окружающих взрослых/молодых субъектов и окружающих их реальных и цифровых экосистем, 3.5) Hi-hume особенностей и возможностей мобилизации коллективной «мудрости» сознания/умов, «сердец» и «душ» на основе, например психо/био/ICV инъекций и/или микроволновых импульсов.

Программа обучения информатике молодежи должна отражать постулат, что в новом ядре социума «цифрового» общества основными ресурсами (веществом, энергией, финансами и богатствами) в основном должны стать: 1) «время» (социальное - коллективное/персональное, биологическое и пр.), 2) «информация», например в виде идей, мыслей, инноваций, инициатив и пр., 3) частично/полностью «закрытые»/«открытые» для масс взрослого/молодого социума социальная, техническая, естественная науки, которые в новом «счастлимом» мире должны обслуживать в основном потребности элит как главных «хозяев» мира и истории, 4) элитарно-кастовые «особенности» и черты субъектов новой власти и систем управления, носящих все чаще «недемократический», «неавторитарный», но все более «псевдонаучный» и «неомагический» характер.

## **2. Основные тенденции, риски и направления реализации Hi-hume преподавания информатики в условиях цифровизации и четвертой промышленной революции**

В условиях реализации начальных этапов ЧПР последовательно осуществляется: 1) стирание сложившихся национальных и региональных границ и культур, 2) разрушение традиционной науки, национальных и региональных систем образования и культуры, 3) разрушение экономик национальных государств и этнообразований, 4) выстраиваются новые глобальные корпоративные структуры влияния и управления социумом. Для этого используются различные механизмы, в том числе: 1) организуются и финансируются военные конфликты, 2) организуются энергетические, промышленные и торговые проблемы и дефициты, 3) вводятся санкции, эмбарго, транспортные и логистические

ограничения, 4) формируются различные псевдонаучные концепции т ограничения - «мировое потепление», «озоновые дыры», например, так называемая «зеленая» повестка бережного отношения к природе в ряде европейских государств уже привела к энергетическому коллапсу, 5) формируются и пропагандируются инициативы и требования к толерантности, «уважению» различных нетрадиционных сообществ и прочее. В изменяющихся условиях в условиях ЧПР по нашему мнению, при обучении и преподавании информатики с учетом возникающих рисков и угроз необходимо:

1. Создавать и ориентироваться на коммуникационно-изолированные отечественные (российские) федеральные и региональные сетевые социально-информационные образовательные каналы, структуры и ресурсы, которые будут накапливать и сохранять достигнутые лучшие достижения мировой цивилизации, отечественной (российской), федеральных и региональных культур, наук и образования вне доступа влияния и контроля зарубежных электронно-цифровых экосистем.

2. В процессе преподавания информатики и ИТ в случае повышения рисков и угроз для сознания молодежи в условиях ЧПР, отечественной системе образования необходимо ограничить или прекратить сотрудничество с организациями (вузами, университетами, научными школами, учеными и пр.) недружественных стран, ограничить участие отечественных экспертов экономистов в МЭФ, аннулировать меморандум о создании Центра ЧПР в РФ или значительно ограничить его функции в современных условиях.

3. В процессе преподавания информатики и ИТ инициировать создание традиционных межгосударственных образовательных программ, партнерских механизмов и институтов учебных коммуникаций, согласования, управления и развития с дружественными государствами и партнерами.

4. В процессе преподавания информатики и ИТ поддерживать традиционные национальные ценности народов и этносов РФ с учетом здорового: 4.1) патриотизма и консерватизма, 4.2) взаимоуважения и суверенитета, 4.3) исторической памяти, дружбы народов, логики исторического развития и разнообразия генотипов и этносов населяющих РФ.

5. В процессе преподавания информатики и ИТ активно участвовать и проводить непрерывный мониторинг, контроль и наблюдение за разработками, содержанием и внедрением: 5.1) современных ИТ-проектов, 5.2) молодежных мероприятий (конкурсов, конференций, форумов, цифровых экосистем образования и воспитания)

так или иначе поддерживающих и участвующих в реализации концепции и идей ЧПР [2,3].

6. В процессе преподавания информатики и ИТ изучать и понимать сущность, структуры, поведение, целеполагание и планы наднациональных элит в области разработки/внедрения концепции и идей ЧПР [4,5].

7. В процессе преподавания информатики и ИТ осуществлять непрерывный мониторинг, контроль и наблюдение за публикациями, контентом в СМИ, открытых источниках и социальных сетях о результатах разработки/внедрения ЧПР в РФ и зарубежом.

### **Заключение**

Для разработки перспективных направлений образования и преподавания информатики, формирования структуры дисциплин, содержания и методов преподавания информатики в условиях цифровизации и четвертой промышленной революции необходимо не только ориентироваться на социально-экономический заказ, но и учитывать новые цели и концепции цифрового глобального развития мира, понимать цели наднациональных структур глобального влияния и управления в РФ, в том числе в лице в лице ВЭФ, в процессе преподавания информатики и ИТ необходимо учитывать и управлять рисками и угрозами возникающими в новых условиях реализации концепции и идей ЧПР.

### **Список литературы**

1. Абрамян, Г. В. HIGH-HUME методология и алгоритмы реализации HIGH-TECH управления контурами естественнофизиологических, электронноцифровых и гибридных интерфейсов формирования профессиональных компетенций выпускников вузов / Абрамян Г.В. // Современное программирование. – Нижневартовск, 2021. – С. 255-260. DOI: 10.36906/AP-2020/50

2. Абрамян, Г. В. Принципы развития цифровых экосистем на основе моделей сотрудничества университетов, академических институтов, компаний ИТ-бизнеса и органов власти / Г. В. Абрамян // Преподавание информационных технологий в Российской Федерации. – 2019. – С. 34-37.

3. Абрамян, Г. В. Технология анализа и таксономии целей обучения информатике и информационным технологиям в условиях интернационализации образования / Г. В. Абрамян // Преподавание информационных технологий в РФ. – 2018. С. 211-213.

4. Абрамян, Г. В. Вербальные, визуальные и паралингвистические невербальные компоненты high-hume/high-tech

цифрового управления подготовкой выпускников вузов с учетом региональных фонетических, фонологических, морфологических, лексикологических и синтаксических конструкций и форм организации it-коммуникаций / Г. В. Абрамян // Современное программирование. – Нижневартовск, 2021. – С. 261-266. DOI: 10.36906/AP-2020/51

5. Абрамян, Г. В. Методология и принципы преподавания информационных технологий на основе нейролингвистического программирования познавательной и учебной деятельности обучаемых / Г. В. Абрамян // Преподавание информационных технологий в Российской Федерации. – 2019. – С. 67-70.



# Некоторые особенности изучения языка программирования Python

Г. В. Гаркавенко, email: g.garkavenko@mail.ru

И. Д. Шеметов, email: itvtjnd2003@gmail.com

Воронежский государственный педагогический университет

**Аннотация.** *В данной работе рассматриваются некоторые особенности программирования на языке Python, на которые надо обратить внимание даже при написании простейшей программы. В статье приводятся два примера и подробно рассматриваются особенности Python в сравнении с таким же решением на C++.*

**Ключевые слова:** *Python, изучение программирования, типы данных, ввод данных в Python.*

## Введение

При изучении информатики в школьном курсе информатики отводится время на изучения основ какого-либо языка программирования [1]. В последнее время все большую популярность приобретает знакомство с языком Python, тем более, что его разрешено использовать при решении заданий ЕГЭ по информатике и при участии в олимпиадах по программированию [2]. Этот язык позиционируется как простой язык для изучения программирования. Но те, кто впервые знакомятся с написанием программ не всегда понимают, что надо не просто писать команды, выполняющие те или иные действия, но и понимать, как данные хранятся и обрабатываются, почему возникают ошибки, когда код написан синтаксически правильно [3]. Некоторые примеры решения задач с использованием Python, имеются в [4].

Рассмотрим некоторые особенности языка Python, которые скрываются за кодом самой простой программы на Python.

### 1. История возникновения и философия языка Python

Впервые язык программирования Python появился в 1991 году. Его разработчиком и создателем философии нового языка программирования стал Гвидо Ван Россум. В 1995 году появилось некоммерческое Python-сообщество, которое стало отвечать за защиту и развитие языка Python. Таким образом, в октябре 2000 года вышел Python 2.0, положивший начало линейке версий языка Python 2.x. А в декабре 2008 года появился Python 3.0, который не совместим с

линейкой Python 2. И, хотя некоторые компании еще используют Python 2, все больше компаний переходят на Python 3.

Создавая свой язык программирования Гвидо Ван Россум взял некоторые идеи, которые посчитал перспективными, в таких языках программирования как АВС и Модула-3. А как известно, создателем прородителя языка Модула-3, является Никлаус Вирт, разработавший язык программирования Модула в 1975 году, и являющийся автором не безызвестного языка Паскаль.

Тим Питерс, один из членов, разработчиков Python-сообщества, написал некоторые высказывания в виде «The Zen of Python», которые можно назвать философией Питона, это – список правил, на которых основывается данный язык программирования. Посмотреть этот список можно при помощи команды «import this». Одним из правил, входящих в этот список является «простое лучше сложного», наверное, это и привлекает школьников, которые хотят научиться программировать.

По данным Википедии существует более 700 языков программирования, которые поддерживают те или иные парадигмы программирования. Большинство современных языков программирования поддерживают несколько парадигм программирования, но Python поддерживает почти все парадигмы, в том числе, наравне со структурным и объектно-ориентированным, он поддерживает парадигму функционального программирования.

В рейтинге востребованности языков программирования Python уже много лет входит в пятерку лучших.

## **2. О средах программирования на языке Python**

Python относится к языкам высокого уровня, и аналогично Бейсику является языком-интерпретатором, то есть строки кода программы сразу интерпретируются без компиляции. Для программирования на языке Python нужно установить его на компьютер и использовать интегрированную среду разработки IDLE, которая устанавливается вместе с языком программирования. Но для разработки больших проектов она не очень удобна. При изучении программирования можно использовать более удобную среду разработки Wing 101, для профессиональной разработки часто используют среду PyCharm, или Jupyter Notebook из пакета Anaconda. Впрочем, можно не устанавливать Python на компьютер, а использовать какую-нибудь онлайн среду разработки или используя google-аккаунт программировать в Google Colab, в основе которого Jupyter Notebook, но только в онлайн-исполнении, и написанные программы будут сохраняться на google-диск в вашем аккаунте.

Сферы использования программирования на Python самые разнообразные. Но в большей степени инструменты языка предназначены для анализа и обработки данных, машинного обучения, поэтому чаще всего используются в таких областях, как Data Scientist и Machine Learning. С его помощью были написаны такие программы как Blender, Dropbox, WikidPad и другие.

В отличие от других языков, в Python синтаксис сделан более лаконичным, благодаря чему для написания программ используется меньше кода, он проще читается и новичку достаточно просто понять и изучить его. Но несмотря на то, что количество кода меньше, программы, написанные на Python уступают в скорости работы и не подходит для задач, требующих большой объем памяти.

### 3. Особенности языка, примеры

Изучение любого языка программирования начинается с изучения простых типов данных и операций над ними. Уже на этом этапе мы встречаемся с особенностями языка Python. Во всех изучаемых в школе и вузе языках программирования сначала описывается тип переменной, а затем ей присваивается соответствующее значение или выражение. При выполнении кода программы, встречая задание типа, в памяти компьютера под переменную резервируется соответствующее заданному типу количество байт и туда впоследствии записывается значение переменной. Проведем некоторое исследование [5], рассмотрев пример.

*Пример 1.* На языке программирования C++ написан код в котором объявляются две целочисленных переменных и им присваиваются одинаковые значения. Затем печатаются значения этих переменных, адреса памяти, отведенные под хранение этих переменных и количество байт, отводимое под хранение переменной заданного типа:

```
#include <iostream>
using namespace std;
int main()
{
    int a=3;
    int b=3;
    cout<<a<<" address:"<<&a<<" byte "<<sizeof(a)<<endl;
    cout<<b<<" address:"<<&b<<" byte "<<sizeof(a)<<endl;
    a=a+2;
    cout<<a<<" address:"<<&a<<" byte "<<sizeof(a)<<endl;
    return 0;
}
```

Программа выдаст следующее:

```
3 address:0x61ff0c byte 4
3 address:0x61ff08 byte 4
5 address:0x61ff0c byte 4
```

Мы видим, что значения у переменных одинаковые, а адреса в памяти разные, под каждую переменную отведен 4 байта памяти. При изменении переменной  $a$  на 2, изменяется значение переменной, но адрес хранения неизменен, он отведен именно переменной.

Рассмотрим аналогичный код на языке Python:

```
a=3
b=3
print(a, " address:",id(a))
print(b, " address:",id(b))
a=a+2
print(a, " address:",id(a))
```

Результат работы программы:

```
3 address: 140724136092112
3 address: 140724136092112
5 address: 140724136092176
```

Обратим внимание, что у разных переменных, имеющих одинаковые значения, совпадают адреса в памяти компьютера, а при увеличении значения  $a$  на 2, изменяется не только значение, но и адрес хранения. Кроме того, мы не можем так просто как в C++ определить сколько байт выделяется под хранение числа.

В Python все числовые типы являются неизменяемыми. При встрече в коде программы числа, например, 3, создается объект с этим значением, идентификаторы  $a$  и  $b$  являются даже не переменными, а чем-то вроде «ярлычков», цепляемых к созданным объектам. При необходимости «ярлычок» переклеивают на другой объект [6].

Именно на такие вещи надо обращать внимание обучающихся, важно, чтобы человек, изучающий программирование понимал, как данные, используемые в программах хранятся в памяти компьютера.

Еще одной особенностью программирования на Python, на которую надо обратить внимание обучающихся, является то, как записывается текст программы. В большинстве языков программирования оператор оканчивается знаком ';', а блок операторов заключается в так называемые операторные скобки, в Pascal begin... end, в C,C++, Java скобки {...}. В языке Python принято писать каждый оператор на отдельной строке, это связано с тем, что данный язык является интерпретируемым. Хотя точку с запятой можно поставить после оператора и ошибки не будет, этот знак используется для разделения нескольких операторов, записанных на одной строке. Читаемость и понятность такого кода ухудшатся. А в качестве операторных скобок в Python, используются отступы, и по стандарту это должно быть 4 пробела.

Далее, хотелось бы обратить внимание на ввод и печать данных, это еще одна вещь, с которой знакомят обучающихся в первую очередь. Рассмотрим простейший пример.

*Пример 2.* Вводятся три целых числа, высота, длина и ширина упаковочной коробки. Вычислить объем этой коробки.

На языке C++ программный код, реализующий данную задачу, будет выглядеть так:

```
#include <iostream>
using namespace std;
int main()
{
    int a, b, c, V;
    cout<<"Enter 3 number:";
    cin>>a>>b>>c;
    V=a*b*c;
    cout<<"V="<<V;
    return 0;
}
```

Причем при вводе трех чисел их можно записать в одну строку, можно вводить по одному в строке, можно два числа на одной строке, а третье на другой. Все способы будут работать одинаково.

А вот на Python так не получится. Надо заранее предусмотреть то, как, в строку или столбец, будут вводиться данные. Оператор ввода в данном языке всегда считывает строковый тип данных, поэтому надо еще предусмотреть преобразование прочитанной строки для нашего примера в целочисленный тип. Приведем пример программы, которая аналогична программе на C++, приведенной выше, но вводить значения можно только в столбец, то есть по одному на каждой строке.

```
print("Enter 3 number:")
a=int(input())
b=int(input())
c=int(input())
V=a*b*c
print("V=", V)
```

Причем для печати запроса на ввод трех чисел первые две строки можно заменить строкой

```
a=int(input("Enter 3 number:"))
```

Если ввод осуществляется в одну строку, то код на Python будет выглядеть следующим образом:

```
a,b,c=map(int, input("Enter 3 number:").split())
V=a*b*c
print("V=", V)
```

Возможность записи трех переменных через запятую в строку и присваивание им введенных значений связано с существованием в Python такого неизменяемого типа данных как кортежи. Не будем их подробно здесь рассматривать, отметим лишь, что с этим же типом связана возможность поменять значения переменных («ярыльчков») местами командой:

```
a, b = b, a
```

В других же языках программирования для этого надо использовать третью переменную или какую-нибудь встроенную функцию, например, `swap(a, b)`.

Возвращаясь к нашему примеру 2, заметим, что написать на Python код, при выполнении которого вводить данные можно как угодно, по аналогии с C++, не получится.

Рассмотрим подробнее строку ввода из Листинга. Здесь используется чудесная функция `map(параметр1, параметр2)`, которая в качестве первого параметра принимает какую-либо функцию, в нашем случае это функция преобразования элемента в целочисленный тип данных, и эта функция применяется к каждому элементу списка, находящихся в параметр2. Но `input()` на вход получает строку вида '5 6 7' и сразу применить к ней функцию преобразования в целое число невозможно, для этого сначала её надо представить в виде списка строк '5', '6', '7'. Это и делает метод `split()`. Если у него нет параметра, то по умолчанию разделителем считается пробел.

### **Заключение**

Мы рассмотрели только маленькую часть особенностей Python по сравнению с другими языками программирования. Но уже из этого видно, что идеология (философия) этого языка программирования отличается от той, которая присутствует в языках C++ и Pascal, которые использовались в школах и вузах для изучения программирования.

Несмотря на кажущуюся простоту, Python имеет очень много возможностей, которые надо внимательно изучать, чтобы пользоваться ими в полной мере.

### **Список литературы**

1. Кубряков, Е. А. Алгоритмическая культура мышления / Е. А. Кубряков// Информатика: проблемы, методология, технологии. Информатика в образовании материалы XVIII Международной школы-конференции. – Воронеж, 2018. – С. 17-22.

2. Кубряков, Е. А. О подходах к решению задач ЕГЭ по информатике и ИКТ, проводимого в компьютерной форме / Е. А. Кубряков, С. О. Башарина, В. М. Дубов // Информационные технологии

в образовательном процессе вуза и школы. Материалы XV Всероссийской научно-практической конференции. Редколлегия: Р.М. Чудинский (науч. ред.) [и др.]. – Воронеж, 2021. – С. 231-237.

3. Гаркавенко, Г. В. Использование ассемблера для изучения архитектуры компьютера / Г. В. Гаркавенко // Информатика: проблемы, методы, технологии. Материалы XXI Международной научно-методической конференции. – Воронеж, 2021. – С. 1665-1672.

4. Гаркавенко, Г. В. Применение математических знаний при написании программ / Г. В. Гаркавенко // Информатика: проблемы, методы, технологии. Материалы XXII Международной научно-практической конференции им. Э.К. Алгазинова. Под редакцией Д.Н. Борисова. – Воронеж, 2022. – С. 1292-1301.

5. Башарина, С. О. Исследование особенностей работы с вещественными числами / С. О. Башарина, Г. В. Гаркавенко, Е. Р. Найденкина // Информатика: проблемы, методы, технологии. Материалы XX Международной научно-методической конференции. Под редакцией А.А. Зацаринного, Д.Н. Борисова. (Воронеж, 13-14 февраля 2020 г.) – Воронеж, 2020. – С. 1791-1797.

6. Logan Jones. Pointers in Python: What's the Point? [Электронный ресурс]: статья. – Режим доступа: <https://realpython.com/pointers-in-python/>

## **Опыт обучения школьников и студентов, имеющих расстройство аутистического спектра IT специальностям**

В. В. Гаршина, email: garshina@cs.vsu<sup>1</sup>

Л. А. Трофимова, email: lorris-a@yandex.ru<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Воронежский государственный университет

<sup>2</sup> МБОУ СОШ №28 (г. Воронеж)

**Аннотация.** *Статья посвящена проблеме профориентации в школе и подготовке в вузе студентов IT-специальностей, имеющих расстройства аутистического спектра. В статье приводится описание личного опыта работы с такими школьниками и студентами, анализ наиболее приемлемых методов обучения, способов эффективной коммуникации с преподавателем, наиболее предпочтительных направлений деятельности в сфере IT и особенностей адаптации в IT компаниях.*

**Ключевые слова:** *расстройства аутистического спектра, IT образование, профессиональная и социальная адаптация.*

### **Введение**

В связи с увеличением интереса школьников к IT-специальностям, учителя школы все чаще сталкиваются с проблемой обучения и взаимодействия со учениками, имеющими в легкой форме расстройства аутистического спектра. В нашей школе №28 на уроках информатики такие ученики выполняют практические задания и проекты, позволяющие им работать самостоятельно. Большую помощь в общении и работе с такими учениками оказывают родители и школьный психолог. Когда бывшие школьники становятся студентами, то с проблемами обучения и взаимодействия с ними сталкиваются факультеты, обеспечивающие подготовку в области технических наук и IT.

Сегодня во всем мире актуальной проблемой является увеличивающееся с каждым годом количество детей, имеющих в легкой форме расстройства аутистического спектра. Причины этого явления комплексно исследуют психологи и врачи, а непосредственно выявление и коррекция такого поведения часто связана с учебной деятельностью. Школьные педагоги, а впоследствии и вузовские преподаватели, сталкиваются с проблемой обучения и взаимодействия с такими школьниками и студентами. Поэтому интересным является понятие - какие виды деятельности они выбирают, какие профессиональные



результаты смогут достичь, как строить их профориентацию и главное – какие подходы использовать для контакта с ними и обучения. В исследовании этого процесса соединяются знания и опыт школьных учителей и вузовских преподавателей.

Учителя информатики отмечают, что достаточно часто школьники, глубоко интересующиеся IT-технологиями, являются интровертами, у них есть проблемы эмоционального характера, сложности в организации коллективного взаимодействия в классе. Из опыта МБОУ СОШ №28 (г. Воронеж) - на уроках информатики такие ученики часто выбирают выполнение индивидуальных практических заданий и проектов, позволяющих им работать самостоятельно с минимальными контактами с классом. Взаимодействие с учителем на уроках так же строится сложно. Большую помощь в общении и работе с такими учениками оказывают родители и школьный психолог, но только отчасти. Часто такие ребята имеют хорошие знания в области информатики и ориентируются на выбор специальности в области IT. А когда бывшие школьники становятся абитуриентами и студентами, то с проблемами обучения и взаимодействия с ними сталкиваются факультеты ВУЗов, обеспечивающие подготовку в области технических наук и IT. Рассмотрим причины и особенности возникающих проблем, а также опыт эффективного их решения для удачной профессиональной карьеры таких ребят.

Абитуриенты, имеющие в легкой форме расстройства аутистического спектра, при поступлении часто выбирают научные направления, связанные с математикой, программированием и информационными технологиями. Это логично, так как этот вид деятельности требует сосредоточенности и концентрации внимания на абстракциях, решении интеллектуальных и нетривиальных задач, планомерного и последовательного выполнения ряда рутинных операций и при этом - малого эмоционального контакта с окружением. Появление таких студентов может быть неожиданным для факультета, так как технологии поступления в вуз без контакта с комиссией легко обеспечивают этот путь. Эта ситуация вызывает сложность для преподавателя в плане понимания студента, контактов с ним и обеспечения эффективного процесса обучения. Можно сказать, что, как правило, преподаватели не готовы к такой ситуации и не имеют подобного опыта. Закономерным результатом обычно становятся конфликты, стресс, неуспеваемость, отчисление и невозможность для студента получить образование и профессию.

## **1. Особенности аутистичного поведения**

Синдром Аспергера характеризуется нарушениями, связанными с трудностями в социальном взаимодействии. Оно проявляется в том, как человек воспринимает информацию и обрабатывает, как относится к окружающим. Эксперты признают аутизм неврологическим расстройством, причина - в дисбалансе между нейронами, отвечающими за торможение и возбуждение.

Существует много теорий [1], пытающихся объяснить причины такого поведения. Предполагают нарушения в частях мозга, отвечающих за социальное взаимодействие, что приводит к дефициту эмпатии. Такие люди, вместо того чтобы общаться, сосредотачиваются на объектах или системах, запоминают символы или становятся увлеченными абстрактными или механическими предметами, компьютерами. Они часто воспринимаются окружающими как социальные эгоисты, не чувствующие боли и эмоций других. Хотя, возможно, это не так. Есть теория интенсивного мира, которая утверждает, что аутичные люди слишком много чувствуют и слишком много ощущают. Эти чувства и ощущения настолько сильны и невыносимы, что они пытаются уйти от них в себя, аутичные люди больше подвержены стрессу, и поэтому их реакции кажутся нетипичными.

Люди с расстройствами аутистического спектра могут эффективно встраиваться в социальные отношения: учиться, работать, создавать семьи, но при этом отличаться некоторыми особенностями характера и поведения. Относительно особенностей интеллекта, психики и поведения, можно отметить:

- интеллект обычно средний или выше среднего уровня;
  - аутичные люди могут много учиться и способны быстро все запоминать и понимать;
  - они внимательны к мелочам и деталям;
  - могут планомерно выполнять рутинные операции;
  - выбирают контролируемые, логичные и понятные варианты решений;
  - их пугает неопределенность и случайность во всем;
  - велика роль привычки и самоконтроля в поведении;
- им трудно управлять своими эмоциями, и эмоциями других. Окружение их страшит, и они испытывают большие социальные трудности.

## **2. Обзор опыта IT-бизнеса по привлечению сотрудников с синдромом Аспергера**

«Думаю, все технари немного аутистичны», — написал Дуглас Коупленд в своём романе «Рабы Майкрософта» [2]. Эта мысль прошла

через ряд IT мировых компаний, столкнувшихся с реальной эффективностью сотрудников с синдромом Аспергера и проанализировавших ее причины.

Алекс Джон, один из разработчиков технологии Microsoft DirectX, назвал инженеров, страдающих синдромом Аспергера, «святым Граалем» работодателей (известная презентация под названием «Рекрутинг гигантов» [3]). Им были выделены сильные стороны в таких специалистах, ценные для работодателей:

- Благодаря интеллекту, сосредоточенности и вовлеченности в процессы компании, они становятся «настоящими» программистами, которые не ценят деньги. Постоянный доход считается само собой разумеющимся. Они рассматривают программирование как призвание, а не работу.

- Благодаря склонности к упорядочиванию и усиленному вниманию к деталям, эти люди лучше других обнаруживают ошибки в коде, становятся лучшими тестировщиками.

- Такие сотрудники лояльны, старательны и редко готовы менять место работы;

- Они часто одиноки, имеют мало социальных контактов, отвлекающих от работы.

В IT-бизнесе, в компании Specialisterne - одной из первых стали нанимать людей с РАС. Эта компания, занимается тестированием программного обеспечения и консалтингом, ее основали в 2004 году как площадку, где могут работать люди с РАС (таких там 75 процентов сотрудников).

В мае 2013 года немецкая IT-компания SAP в рамках программы «Аутизм на работе» открыла 500 вакансий для людей, страдающих аутизмом [4]. Были набраны тестировщики ПО.

В апреле 2016 года Microsoft запустила программу Microsoft Autism Hiring Program с целью найма на полную ставку людей с аутизмом. Microsoft ведет собственную специальную программу по найму работников с расстройствами аутистического спектра [5]. Такие сотрудники хорошо программируют. Они способны на феноменальную концентрацию, внимательны к деталям и хорошо решают проблемы, что особенно важно при создании алгоритмов искусственного интеллекта. Аутистов активно нанимают Google, Hewlett-Packard, Salesforce Towers Watson, Ernst & Young и ряд других компаний. Результаты пилотных проектов оказались достаточно впечатляющими, и теперь все больше компаний меняют кадровую политику.

Mail.Ru Group совместно с фондом «Выход» провела в апреле 2018 г. конференцию «Люди с аутизмом в цифровом мире: образование и профессии» [6].

Проблема еще состоит в том, что по оценкам расстройства аутистического спектра диагностируются примерно у одного процента населения мира, и около 80 процентов этой группы не имеет работы. Работодатели увидели сильные стороны аутистов и теперь специально ищут подобных кандидатов. Их выгодно отличают высокая концентрация и внимание к деталям, им не надоедает выполнять монотонную повторяющуюся работу, они хорошо умеют находить закономерности, в коллективе аутистов текучка составляет 8 %, в то время как у нейротипичных сотрудников — 47% [7].

В IT-секторе присутствует дефицит кадров, поэтому люди с аутизмом, которые, как правило, испытывают проблемы с поиском работы, являются ценным ресурсом для отрасли.

### **3. Проблемы обучения и коммуникаций студентов с РАС**

Понимание о процессе обучения и особенностях поведения студентов, поступивших на факультет, преподаватели получают не сразу. Как правило, эта информация поступает от родителей, личных наблюдений за группой студентов, и далеко не сразу она правильно воспринимается. Часто происходят ошибки в коммуникациях и отношениях, которые трудно исправлять.

На основе опыта обучения студентов, имеющих расстройства аутистического спектра можно привести ряд проблем, с которыми сталкиваются преподаватели и одноклассники.

*К примеру: студенту сложно задать вопрос вслух в присутствии других студентов группы, или он не может ответить на вопрос преподавателя не потому, что он не знает материал, а потому, что это для него эмоционально сложно. Были ситуации, что студент в этой ситуации вставал и уходил из аудитории, чтобы избежать этой стрессовой для себя ситуации.* Проблема ведения переговоров с преподавателем является очень сложной. Чтобы помочь, в нее включаются друзья и родители как переговорщики и ретрансляторы.

В коммуникациях со студентом с РАС имеет значение и текст, и тон говорения. Был опыт, когда со студентом нельзя было встречаться взглядом в процессе разговора. Можно было только параллельно с ним смотреть на экран монитора или тетрадь. При контактах есть опасность нарушить его личное пространство, встать слишком близко, посмотреть в глаза, сказать что-то, явно обратившись к нему, случайно прикоснуться к тетради, руке. Часто студенту сложно следовать общепринятым

нормам в поведении, общее обсуждение в группе, юмор или смех могут вызвать не адекватную реакцию.

Эти проблемы создают препятствия к обучению, вплоть до отчислений и переводов на другие факультеты и вузы. Из практики – студент по несколько раз отчисляется, восстанавливается и не может защитить диплом. Причина – проблема коммуникации с научным руководителем, заведующим кафедрой, комиссией и т.д.

Проблемой для студента является все, что связано с коммуникацией: устный экзамен, сдача лабораторной работы, устная защита курсовой работы и выпускной квалификационной работы. Для преодоления стресса нужно менять форму проведения на тесты, письменные работы, практико-ориентированные задания, обеспечивающие самостоятельное решение. В принципе, удаленный стиль консультирования и общения через различные образовательные электронные платформы будет вполне приемлемым и конструктивным.

В обучении программированию, все равно есть компетенции для освоения, предусматривающие умение работать в команде, управлять коллективом. В данном случае, студенту с РАС стоит дать узкую конкретную задачу для решения (его роль в этой команде - программист) и не стремиться перевоспитывать.

У студентов часто неуверенность и одиночество маскируется в поведении в «круговую оборону» от всего внешнего. Есть история, когда наш студент, у которого сложно складывались коммуникационные отношения на факультете, после окончания уехал в одну из столиц, получил хорошую работу и интересные проекты, самостоятельно инициировал контакты, но только в электронной форме. Прошла опасность, возникла потребность общения, но была выбрана безопасная форма.

Существует еще ряд проблем, которые возможно компенсировать. При проведении входного тестирования IT-компаний-партнеры ФКН могли бы давать практико-ориентированные индивидуальные задания, отказавшись от стандартных правил, включающих в себя резюме и собеседования, вместо этого сразу дать возможность студенту приступить к работе и показать свои знания. Что повысило бы шансы трудоустройства.

### **Заключение**

Тема подготовки студентов IT-специальностей, имеющих расстройства аутистического спектра пока плохо понимаемая большинством преподавательского сообщества. Это связано с недостаточностью сил и времени на изучение этих вопросов. Появление такого студента в группе, а еще хуже в числе курсовиков и дипломников,

воспринимается преподавателем также как огромный стресс. В связи с этим, было бы полезно для преподавателя, руководства факультета получить возможность консультации с психологом – специалистом по процессу такого взаимодействия.

### **Список литературы**

1. Скребцова, Т. Г. О лингвистических аспектах аутизма / Т. Г. Скребцова // Вестник Санкт-Петербургского университета. Психология. – 2016. – № 3. – С. 18-27.

2. Коупленд, Д. Рабы «Майкрософта» : [роман] / Дуглас Коупленд ; [пер. с англ. Н. Федуро]. – Москва : АСТ : ЛЮКС, 2004. – 492 с.

3. Alex St John's Ideas About Game Development Are Terrifying/ [Электронный ресурс]: сайт. – Режим доступа: <https://www.kotaku.com.au/2016/04/alex-st-johns-ideas-about-game-development-are-terrifying/>

4. SAP примет на работу сотрудников-аутистов [Электронный ресурс]: сайт - блог. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/180475/>

5. Microsoft announces pilot program to hire people with autism – Microsoft On the Issues [Электронный ресурс]: сайт - блог. – Режим доступа: <https://blogs.microsoft.com/on-the-issues/2015/04/03/microsoft-announces-pilot-program-to-hire-people-with-autism/#sm.0000ofsz85uthd9prm51jr3mky5zi>

6. Материалы конференции «Люди с аутизмом в цифровом мире: образование и профессии» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://corp.mail.ru/ru/press/events/445/>

7. Рабочий вопрос: почему западным IT-компаниям интересны сотрудники-аутисты [Электронный ресурс]: сайт-блог. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/company/1cloud/blog/309264/>

# Нормальный алгоритм Маркова для решения олимпиадной задачи по информатике «Лягушачьи игры»

Ю. В. Кулаков, email: kulak@list.ru

Тамбовский государственный технический университет

**Аннотация.** *Разработан алгоритм решения олимпиадной задачи «Лягушачьи игры», основанный на понятии нормального алгоритма Маркова, который доказывает алгоритмическую разрешимость этой задачи для всех допустимых вариантов исходной рассадки лягушек с конечным числом зелёных и коричневых лягушек.*

**Ключевые слова:** *олимпиадная задача «Лягушачьи игры», алгоритмическая разрешимость задачи, исходная рассадка лягушек, требуемая рассадка лягушек, нормальный алгоритм Маркова, распознаватель вхождения, оператор подстановки.*

## Введение

Олимпиадная задача по информатике и программированию «Лягушачьи игры» была предложена организаторами в качестве одной из задач II Всероссийской заочной олимпиады по информатике [1].

Заметим, что данную олимпиадную задачу, вероятно, разработали на основе достаточно известной математической головоломки про шесть лягушек двух различных цветов [2] с расширением до любого конечного числа участвующих в ней зелёных и коричневых лягушек.

Хотя под головоломками обычно понимают непростые задачи, для решения которых, прежде всего, требуется сообразительность, для решения задачи «Лягушачьи игры» необходимо разработать алгоритм, использующий специальные знания высокого уровня.

Упомянутые специальные знания для решения олимпиадной задачи «Лягушачьи игры» нужны, поскольку она, по сути, является перестановочной головоломкой с набором подвижных объектов, перемещаемых с места на место по определённым правилам, которая имеет далеко не очевидный алгоритм решения.

## 1. Постановка олимпиадной задачи

В тридесатом царстве в новогодние праздники все лягушки собираются на самом большом болоте, чтобы поиграть в замечательную игру. Всего в этом царстве живет  $N$  зелёных лягушек и  $M$  коричневых. Для игры они выбирают на болоте  $N + M + 1$  кочку, на первые  $N$  кочек

слева садятся зелёные лягушки, а на последние  $M$  – коричневые (т. е. между ними находится одна кочка, на которой никто не сидит). Зелёные лягушки садятся лицом к коричневым лягушкам, а коричневые – к зелёным. Кочки настолько маленькие, что развернуться на них, не свалившись в болото, совершенно невозможно. Поэтому лягушки могут двигаться только вперед и не могут разворачиваться.

На каждом ходе игры одна из лягушек перепрыгивает с той кочки, где она сидит, на свободную кочку. При этом лягушка может прыгнуть на соседнюю кочку вперед, либо перепрыгнуть через одну кочку, если соседняя занята.

Чтобы праздник удался, зелёные лягушки должны оказаться на последних кочках, а коричневые – на первых. Порядок, в котором лягушки окажутся на кочках, не важен. Так как на праздник каждый раз приходит разное количество лягушек, то им каждый год приходится придумывать очередность прыжков. Напишите программу, которая поможет лягушкам составить план прыжков.

Формат входных данных.

Во входном файле записаны два числа  $N$  и  $M$  ( $1 \leq N \leq 1000$ ,  $1 \leq M \leq 1000$ ) – количество зелёных и коричневых лягушек соответственно.

Формат выходных данных.

Выведите последовательность прыжков лягушек для достижения поставленной цели. Каждый прыжок можно задать одним числом – номером прыгающей лягушки (поскольку свободная кочка всегда ровно одна). Пронумеруем всех лягушек в соответствии с их начальным положением. Зелёные лягушки будут пронумерованы числами от 1 до  $N$ , а коричневые – с  $N + 1$  до  $N + M$  в порядке слева направо.

Если же достичь требуемой рассадки лягушек нельзя, выведите одно число минус 1.

## 2. Разработка алгоритма решения задачи

При разработке алгоритма решения задачи «Лягушачья игра» применим понятие нормального алгоритма Маркова [3].

Для установления закономерностей в процессе прыжков лягушек до достижения их конечной рассадки и построения нормального алгоритма Маркова рассмотрим сначала случай трёх зелёных и трёх коричневых лягушек.

В этом случае исходная рассадка лягушек будет выглядеть так, как показано на рис. 1.



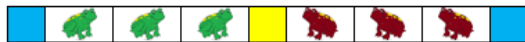


Рис. 1. Исходная рассадка лягушек

Здесь лягушки сидят на шести из семи кочек, жёлтая ячейка таблицы обозначает свободную кочку, синие ячейки – свободную воду болота.

Формализуем для разрабатываемого нормального алгоритма Маркова исходную рассадку лягушек словом «-1110222-» в абстрактном алфавите  $\{0, 1, 2, -\}$ , где символ «0» обозначает свободную кочку; символ «1» – зелёную лягушку; символ «2» – коричневую лягушку; символ «-» – свободную воду болота.

В результате прыжка зелёной лягушки вправо на свободную кочку исходная рассадка лягушек преобразуется в рассадку лягушек после первого прыжка, представленную на рис. 2.



Рис. 2. Рассадка лягушек после первого прыжка

В формализованном представлении в результате прыжка зелёной лягушки слово «-1110222-» преобразуется в слово «-1101222-».

Заметим, что для реализации этого преобразования исходной рассадки лягушек в рассадку после первого прыжка необходимо и достаточно, чтобы первый распознаватель вхождения нормального алгоритма Маркова  $PV_1$  распознал вхождение подслова «1102» в слово «-1110222-» и первый оператор подстановки  $OP_1$  подставил в слово «-1110222-» вместо подслова «1102» подслово «1012». Обозначим подстановку  $OP_1$  нормального алгоритма Маркова как «1102 → 1012».

В результате прыжка коричневой лягушки влево на свободную кочку через зелёную лягушку текущая рассадка лягушек преобразуется в рассадку лягушек после второго прыжка, представленную на рис. 3.



Рис. 3. Рассадка лягушек после второго прыжка

В формализованном представлении в результате прыжка коричневой лягушки через зелёную лягушку слово «-1101222-» преобразуется в слово «-1121022-».

Для реализации этого преобразования в рассадку лягушек после второго прыжка необходимо и достаточно, чтобы второй распознаватель

вхождения нормального алгоритма Маркова  $PВ_2$  распознал вхождение подслова «1012» в слово «-1101222-» и второй оператор подстановки  $ОП_2$  подставил в слово «-1101222-» вместо подслова «1012» подслово «1210». Обозначим подстановку  $ОП_2$  нормального алгоритма Маркова через «1012 → 1210».

В результате прыжка коричневой лягушки влево на свободную кочку текущая рассадка лягушек преобразуется в рассадку лягушек после третьего прыжка, представленную на рис. 4.



Рис. 4. Рассадка лягушек после третьего прыжка

В формализованном представлении в результате прыжка коричневой лягушки на свободную кочку слово «-1121022-» преобразуется в слово «-1121202-».

Для реализации этого преобразования третий распознаватель вхождения  $PВ_3$  должен распознать вхождение подслова «2102» в слово «-1121022-» и третий оператор подстановки  $ОП_3$  должен подставить в слово «-1121022-» вместо подслова «2102» подслово «2120». Обозначим подстановку  $ОП_3$  нормального алгоритма Маркова через «2102 → 2120».

В результате прыжка зелёной лягушки вправо на свободную кочку через коричневую лягушку рассадка лягушек после третьего прыжка преобразуется в рассадку лягушек после четвёртого прыжка, представленную на рис. 5.



Рис. 5. Рассадка лягушек после четвёртого прыжка

В формализованном представлении в результате данного прыжка зелёной лягушки через коричневую лягушку слово «-1121022-» преобразуется в слово «-1120212-».

Для реализации этого преобразования четвёртый распознаватель вхождения  $PВ_4$  должен распознать вхождение подслова «1202» в слово «-1121022-» и четвёртый оператор подстановки  $ОП_4$  должен подставить в слово «-1121022-» вместо подслова «1202» подслово «0212». Обозначим подстановку  $ОП_4$  нормального алгоритма Маркова через «1202 → 0212».

Проведённые исследования показали, что для реализации остальных прыжков лягушек до достижения их конечной рассадки, причём для любых допустимых по условию олимпиадной задачи количеств зелёных и коричневых лягушек, может потребоваться, кроме описанных выше четырёх операторов подстановки ОП<sub>1</sub> – ОП<sub>4</sub>, ещё одиннадцать операторов: ОП<sub>5</sub> «10– → 01–», ОП<sub>6</sub> «1201 → 0211», ОП<sub>7</sub> «1011 → 0111», ОП<sub>8</sub> «–102 → –012», ОП<sub>9</sub> «–012 → –210», ОП<sub>10</sub> «–202 → –220», ОП<sub>11</sub> «2012 → 2210», ОП<sub>12</sub> «120– → 021–», ОП<sub>13</sub> «–021 → –201», ОП<sub>14</sub> «101– → 011–» и ОП<sub>15</sub> «2202 → 2220».

В таблице представлены результаты исследования по использованию операторов подстановки при решении задач различной размерности. При этом под задачей размерности  $(N \times M)$  понимается задача с  $N$  зелёными и  $M$  коричневыми лягушками. Каждой строке таблицы взаимно однозначно сопоставлен  $i$ -ый оператор подстановки ОП <sub>$i$</sub> , а каждому столбцу –  $j$ -ая размерность задачи. Единица в ячейке  $(i, j)$  говорит о том, что  $i$ -ый оператор подстановки используется при решении задачи  $j$ -ой размерности. В противном случае в ячейке  $(i, j)$  таблицы записан 0 (нуль).

Таблица

*Результаты исследования по использованию операторов подстановки при решении задач различной размерности*

Оператор подстановки	Размерность задачи								
	1 × 1	1 × 2	1 × 3	2 × 1	2 × 2	2 × 3	3 × 1	3 × 2	3 × 3
ОП <sub>1</sub>	0	0	0	1	1	1	1	1	1
ОП <sub>2</sub>	0	0	0	1	1	1	1	1	1
ОП <sub>3</sub>	0	1	1	0	1	1	0	1	1
ОП <sub>4</sub>	0	0	1	0	1	1	0	1	1
ОП <sub>5</sub>	1	0	1	1	0	1	1	0	1
ОП <sub>6</sub>	0	0	0	1	0	1	1	1	1
ОП <sub>7</sub>	0	0	0	0	0	0	1	0	1
ОП <sub>8</sub>	1	1	1	0	0	0	1	1	1
ОП <sub>9</sub>	1	1	1	0	0	0	1	1	1
ОП <sub>10</sub>	0	1	1	0	0	0	0	1	1
ОП <sub>11</sub>	0	0	1	0	1	1	0	0	1
ОП <sub>12</sub>	0	1	0	0	1	0	0	1	0
ОП <sub>13</sub>	0	0	0	1	1	1	0	0	0
ОП <sub>14</sub>	0	0	0	0	1	0	0	1	0
ОП <sub>15</sub>	0	0	0	0	0	1	0	0	0

### 3. Граф-схема сконструированного нормального алгоритма Маркова

Сконструирован нормальный алгоритм Маркова для решения олимпиадной задачи по информатике «Лягушачьи игры» при всех допустимых вариантах исходной рассадки лягушек с конечным числом зелёных и коричневых лягушек, граф-схема которого представлена на рис. 6.

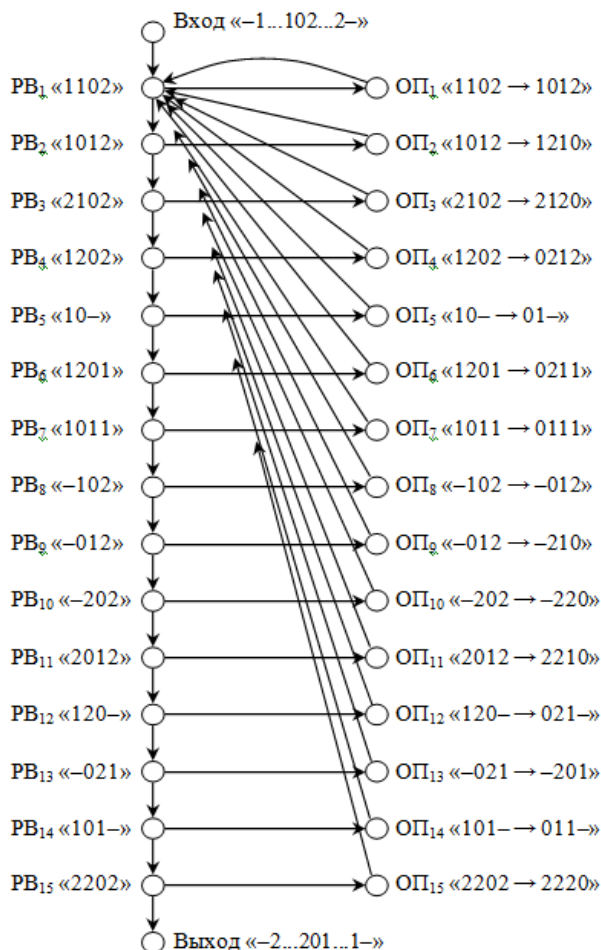
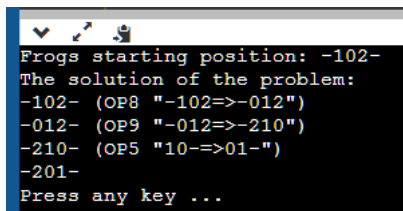


Рис. 6. Граф-схема сконструированного нормального алгоритма Маркова

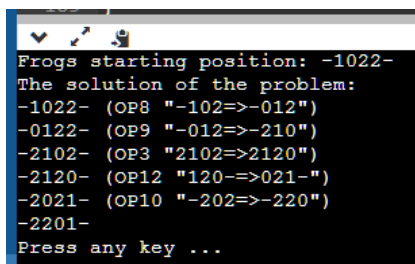
#### 4. Программная реализация сконструированного нормального алгоритма Маркова

Сконструированный нормальный алгоритм Маркова для решения олимпиадной задачи по информатике «Лягушачьи игры» реализован в виде программы на алгоритмическом языке Си. Скриншоты результатов выполнения этой программы в онлайн компиляторе, доступном в Интернете по адресу [https://www.onlinegdb.com/online\\_c++\\_compiler](https://www.onlinegdb.com/online_c++_compiler), для каждой из девяти различных размерностей задачи из приведённой выше таблицы представлены на рис. 7–15.



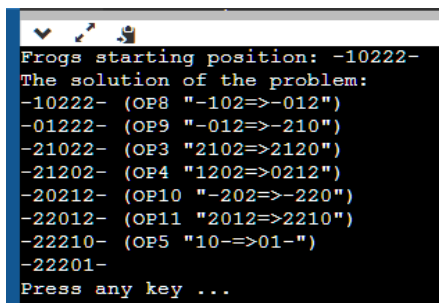
```
Frogs starting position: -102-
The solution of the problem:
-102- (OP8 "-102=>-012")
-012- (OP9 "-012=>-210")
-210- (OP5 "10=>01-")
-201-
Press any key ...
```

Рис. 7. Скриншот решения задачи размерности  $1 \times 1$



```
Frogs starting position: -1022-
The solution of the problem:
-1022- (OP8 "-102=>-012")
-0122- (OP9 "-012=>-210")
-2102- (OP3 "2102=>2120")
-2120- (OP12 "120=>021-")
-2021- (OP10 "-202=>-220")
-2201-
Press any key ...
```

Рис. 8. Скриншот решения задачи размерности  $1 \times 2$



```
Frogs starting position: -10222-
The solution of the problem:
-10222- (OP8 "-102=>-012")
-01222- (OP9 "-012=>-210")
-21022- (OP3 "2102=>2120")
-21202- (OP4 "1202=>0212")
-20212- (OP10 "-202=>-220")
-22012- (OP11 "2012=>2210")
-22210- (OP5 "10=>01-")
-22201-
Press any key ...
```

Рис. 9. Скриншот решения задачи размерности  $1 \times 3$

```
Frogs starting position: -1102-
The solution of the problem:
-1102- (OP1 "1102=>1012")
-1012- (OP2 "1012=>1210")
-1210- (OP5 "10-=>01-")
-1201- (OP6 "1201=>0211")
-0211- (OP13 "-021=>-201")
-2011-
Press any key ...
```

Рис. 10. Скриншот решения задачи размерности  $2 \times 1$

```
Frogs starting position: -11022-
The solution of the problem:
-11022- (OP1 "1102=>1012")
-10122- (OP2 "1012=>1210")
-12102- (OP3 "2102=>2120")
-12120- (OP12 "120-=>021-")
-12021- (OP4 "1202=>0212")
-02121- (OP13 "-021=>-201")
-20121- (OP11 "2012=>2210")
-22101- (OP14 "101-=>011-")
-22011-
Press any key ...
```

Рис. 11. Скриншот решения задачи размерности  $2 \times 2$

```
Frogs starting position: -110222-
The solution of the problem:
-110222- (OP1 "1102=>1012")
-101222- (OP2 "1012=>1210")
-121022- (OP3 "2102=>2120")
-121202- (OP4 "1202=>0212")
-120212- (OP4 "1202=>0212")
-021212- (OP13 "-021=>-201")
-201212- (OP11 "2012=>2210")
-221012- (OP2 "1012=>1210")
-221210- (OP5 "10-=>01-")
-221201- (OP6 "1201=>0211")
-220211- (OP15 "2202=>2220")
-222011-
Press any key ...
```

Рис. 12. Скриншот решения задачи размерности  $2 \times 3$

```
Frogs starting position: -11102-
The solution of the problem:
-11102- (OP1 "1102=>1012")
-11012- (OP2 "1012=>1210")
-11210- (OP5 "10=>01-")
-11201- (OP6 "1201=>0211")
-10211- (OP8 "-102=>-012")
-01211- (OP9 "-012=>-210")
-21011- (OP7 "1011=>0111")
-20111-
Press any key ...
```

Рис. 13. Скриншот решения задачи размерности  $3 \times 1$

```
Frogs starting position: -111022-
The solution of the problem:
-111022- (OP1 "1102=>1012")
-110122- (OP2 "1012=>1210")
-112102- (OP3 "2102=>2120")
-112120- (OP12 "120=>021-")
-112021- (OP4 "1202=>0212")
-102121- (OP8 "-102=>-012")
-012121- (OP9 "-012=>-210")
-210121- (OP2 "1012=>1210")
-212101- (OP14 "101=>011-")
-212011- (OP6 "1201=>0211")
-202111- (OP10 "-202=>-220")
-220111-
Press any key ...
```

Рис. 14. Скриншот решения задачи размерности  $3 \times 2$

```
Frogs starting position: -1110222-
The solution of the problem:
-1110222- (OP1 "1102=>1012")
-1101222- (OP2 "1012=>1210")
-1121022- (OP3 "2102=>2120")
-1121202- (OP4 "1202=>0212")
-1120212- (OP4 "1202=>0212")
-1021212- (OP8 "-102=>-012")
-0121212- (OP9 "-012=>-210")
-2101212- (OP2 "1012=>1210")
-2121012- (OP2 "1012=>1210")
-2121210- (OP5 "10=>01-")
-2121201- (OP6 "1201=>0211")
-2120211- (OP4 "1202=>0212")
-2021211- (OP10 "-202=>-220")
-2201211- (OP11 "2012=>2210")
-2221011- (OP7 "1011=>0111")
-2220111-
Press any key ...
```

Рис. 15. Скриншот решения задачи размерности  $3 \times 3$

Приведённые скриншоты работы программы подтверждают данные представленной выше таблицы об использовании операторов подстановки ОП<sub>1</sub> – ОП<sub>15</sub> при решении задачи «Лягушачья игра» для всевозможных исходных данных при размерности задачи от  $1 \times 1$  до  $3 \times 3$  включительно.

Заметим, что по разработанному алгоритму успешно решается задача «Лягушачья игра» размерностью выше, чем  $3 \times 3$ , а при этом используются операторы подстановки из того же множества операторов подстановки {ОП<sub>1</sub>, ..., ОП<sub>15</sub>}. Например, при решении задачи размерности  $10 \times 10$  (с десятью зелёными и десятью коричневыми лягушками) используются операторы подстановки ОП<sub>1</sub> – ОП<sub>7</sub> и ОП<sub>11</sub> – ОП<sub>15</sub>, при решении задачи размерности  $15 \times 20$  (с пятнадцатью зелёными и двадцатью коричневыми лягушками) используются операторы подстановки ОП<sub>1</sub> – ОП<sub>4</sub>, ОП<sub>6</sub> – ОП<sub>12</sub>, ОП<sub>14</sub> и ОП<sub>15</sub>, а при решении задачи размерности  $20 \times 15$  (с двадцатью зелёными и пятнадцатью коричневыми лягушками) используются операторы подстановки ОП<sub>1</sub> – ОП<sub>7</sub>, ОП<sub>11</sub>, ОП<sub>13</sub> и ОП<sub>15</sub>.

### **Заключение**

Разработан алгоритм решения олимпиадной задачи «Лягушачья игра», представляющий собой нормальный алгоритм Маркова и поэтому доказывающий алгоритмическую разрешимость этой задачи, под которой понимается достижение требуемой конечной раскладки лягушек для всех допустимых вариантов исходной раскладки лягушек с конечным числом зелёных и коричневых лягушек.

Данная задача и представленный алгоритм её решения могут быть использованы учащимися при подготовке к участию в олимпиадах по программированию, при изучении темы «Нормальные алгоритмы Маркова» и при подготовке к сдаче Единого государственного экзамена по информатике.

### **Список литературы**

1. Олимпиады по программированию. II Всероссийская заочная олимпиада школьников по информатике [Электронный ресурс]: Задача К. Лягушачья игра. – Режим доступа: <https://www.olympiads.ru/zaoch/2007/problems/k.shtml>
2. Блог вебмастера [Электронный ресурс]: Шесть лягушек поменять местами. – Режим доступа: <https://teh-fed.ru/6-ljagushek-pomenjat-mestami/>
3. Акулов О.А. Информатика: базовый курс / О.А. Акулов, Н.В. Медведев. – М.: Омега-Л, 2007. – 560 с.



# **Интегрированные занятия как эффективное средство в преподавании дисциплин профессионального цикла**

Е. А. Савченко, email: deas1971@yandex.ru

ГБПОУ ВО Воронежский государственный профессионально-педагогический колледж

**Аннотация.** *Рассматриваются достоинства интегративного образовательного подхода в подготовке к дисциплинам профессионального цикла. Цель работы – создать новое видение на проблему интегрированных занятий. Делается вывод по итогам реализации новой модели в СПО.*

**Ключевые слова:** *Интегрированный подход, эффект квазипрофессиональной деятельности, компетенции.*

## **Введение**

Вопрос подготовки высококвалифицированного специалиста СПО является определяющим в аспекте реформирования образования. Одним из решений данного вопроса стало внедрение федеральных государственных образовательных стандартов среднего профессионального образования (ФГОС СПО) нового поколения [1]. Принципиальное отличие нового стандарта в том, что в его основу положены не предметные, а компетентностные подходы.

Под обучением, основанном на общих и профессиональных компетенциях, понимается обучение, которое строится на определении, освоении и демонстрации умений, знаний, типов поведения и отношений, необходимых для конкретной трудовой деятельности профессии [2]. Ключевым принципом данного типа обучения является ориентация на результаты, значимые для сферы труда. Обучение, основанное на компетенциях, наиболее эффективно реализуется в структуре модульных программ, которые требуют серьёзного методического обеспечения.

## **1. Интегрированные занятия в преподавании дисциплин профессионального цикла**

Анализируя процесс подготовки специалиста в образовательной организации в условиях реализации компетентностного подхода профессионального образования, доктор психологических наук А.А. Вербицкий предложил технологию контекстного обучения.

С позиции технологии контекстного обучения основная цель любого профессионального образования – формирование целостной модели будущей профессиональной деятельности обучающегося. Для достижения данной цели в профессиональной образовательной организации необходимо организовать такое обучение, которое обеспечивает переход, трансформацию одного типа деятельности (познавательный) в другой (профессиональный) с соответствующей сменой потребностей и мотивов, целей, действий, средств, предметов и результатов. Однако при внедрении контекстного обучения педагоги сталкиваются с проблемой системного использования знаний в профессиональной деятельности.

Как правило, каждый преподаватель обучает студентов своему предмету изолированно от других дисциплин, а иногда и профессиональной направленности. Поэтому зачастую обучающиеся затрудняются применять знания и умения из общеобразовательных и общепрофессиональных дисциплин при решении профессиональных задач. Решение данной проблемы при внедрении контекстного обучения, мы видим, через организацию и проведение интегрированных занятий.

Цель интегрированного занятия при внедрении контекстного обучения – достичь целостного представления об изучаемом явлении, событии, процессе в профессиональной деятельности. Анализ педагогической практики подтверждает, что интегрированные занятия наиболее эффективны, если являются обобщающими и реализуются при квазипрофессиональной форме деятельности.

При квазипрофессиональной деятельности в аудиторных условиях моделируются условия, содержание и динамика производства, отношения занятых в нем людей (например, деловая игра);

Процесс подготовки и проведения интегрированного занятия при реализации квазипрофессиональной деятельности имеет определённую специфику и состоит из следующих этапов: планирование, конструирование занятия, его проведение и анализ.

На этапе планирования мы изучили образовательные программы интегрируемых дисциплин ОП 05.03 Операционные системы и среды и МДК 05.04 Организация деятельности «Оператора электронно-вычислительных машин» и определили междисциплинарные связи, затем продумали реализацию данных связей в контексте профессиональной деятельности [3, 4].

На этапе конструирования определились с методом и формой проведения интегрированного занятия. Исходили из того, что единицей содержания контекстного обучения является проблемная ситуация, поэтому метод проведения занятия определяется как проблемный.

Учитывая, что при квазипрофессиональной деятельности воссоздается предметное, социальное и психологическое содержание профессионального труда специалиста, то формой проведения занятия могут быть: деловая игра, анализ проблемной ситуации, имитационные упражнения, тренинги. Выбрали формой проведения занятия деловую игру

Начали занятие с демонстрации межпредметных связей в профессиональной деятельности уже на этапе мотивации. Мотивацию провели по каждой интегрируемой дисциплине, указав на значимость интегрируемых предметных областей в профессиональном контексте.

Это создало эмоциональный настрой обучающихся на дальнейшее восприятие и осмысление проблемы. Мы продумали формы мотивации, сопроводив рассказ яркими иллюстрациями.

Занятие строилось вокруг проблемной ситуации, которая, во-первых, была приближена, практически воссоздавала реальный прототип профессиональной ситуации, во-вторых, для её решения были необходимы знания интегрируемых дисциплин. Самостоятельную работу обучающихся на занятии организовали по схеме деятельности специалиста: Анализ ситуации, обстановки → Постановка задачи → Решение задачи → Доказательство истинности решения.

Данная модель является прототипом познавательной деятельности студента в обучении контекстного типа. В ней моделируется полный цикл мышления – от зарождения проблемной ситуации, порождения познавательной мотивации до нахождения способов разрешения проблемы и доказательства ее правильности

Не менее важная роль на этапе проведения занятия отведена рефлексии, в результате которой обучающиеся дали оценку своей работе, работе в команде, анализировали свои достижения и трудности при решении поставленной проблемы.

### **Заключение**

Анализируя эффективность проведенного занятия, присутствующие педагоги отметили: у студентов удалось сформировать целостно-смысловое понимание роли интегрируемых дисциплин в профессиональной деятельности, способность применять полученные знания и умения интегрируемых дисциплин при решении профессиональных задач.

Таким образом, на сегодняшний день преподаватель должен быть готовым в процессе обучения обеспечить профессиональную подготовку обучающихся на основе межпредметной интеграции, начиная с изучения дисциплин общеобразовательного и

обще профессионального блока при реализации программы подготовки специалиста.

### **Список литературы**

1. Федеральный государственный образовательный стандарт среднего профессионального образования [Электронный ресурс]/ <https://fgos.ru/search/spo/> (дата обращения: 15.12.2022).

2. Колесникова, И. А. Теория и практика модульного преобразования воспитательной среды образовательного учреждения [Текст] : учебно-методическое пособие / И. А. Колесникова ; Российский гос. педагогический ун-т им. А. И. Герцена. – Санкт-Петербург : Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена, 2009. – 195 с.

3. Гостев, И. М. Операционные системы : учебник и практикум для среднего профессионального образования / И. М. Гостев. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2023. – 164 с.

4. Струмпэ, Н. В. Оператор ЭВМ [Текст] : практические работы : учебное пособие для образовательных учреждений, реализующих программы начального профессионального образования / Н. В. Струмпэ. – 9-е изд., стер. – Москва : Академия, 2018. – 108 с.

# Роль индивидуального учебного проекта в изучении информатики

Н. П. Старикова, e-mail: starikovanp@gmail.com

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение  
«Лицей №15» г. Воронежа

**Аннотация.** *В настоящее время с соответствия с требованиями ФГОС СОО появился новый предмет, необходимый для итоговой аттестации выпускника – Индивидуальный учебный проект, который корректирует деятельность учителя. В статье рассмотрены проблемы, встающие перед учителем при выборе темы, и перспективы использования результатов в учебном процессе.*

**Ключевые слова:** *Индивидуальный учебный проект, личностные и предметные результаты, коммуникативное и познавательное развитие обучающегося, сотрудничество и совместная деятельность учителя и ученика.*

## Введение

В соответствии с требованиями ФГОС СОО (Федерального государственного образовательного стандарта среднего общего образования) [1], в учебном плане появился новый предмет, направленный на коммуникативное и познавательное развитие обучающегося – Индивидуальный учебный проект. Данный вид работы предполагает решение значимой проблемы через совокупность исследовательских, расчётных, технических и других видов работ, которые производятся учащимся самостоятельно с целью практического или теоретического решения поставленной проблемы. Каждый ученик по своему усмотрению выбирает тему, вид работы и руководителя проекта. В настоящее время по причине популярности специальностей, связанных с информационными технологиями в современной жизни, многие учащиеся выбирают индивидуальный проект по информатике.

## 1. Направления деятельности учителя в Учебном проекте учащегося в МБОУ «Лицей №15»

Предпочтения детей накладывают дополнительные обязанности на организацию деятельности учителя. Ведь помимо контроля за направлением работы и сроками исполнения этапов последней, педагог должен вникнуть в суть изыскания, просмотреть все тенденции и

наработки в данном направлении, просчитать все риски и возможности данного исследования.

В настоящий момент учебный курс «Индивидуальный учебный проект» ведется в лицее третий год. И за это время уже появились некоторые интересные наработки по применению результатов, полученных учащимися в процессе исследований, в преподавании информатики учителем.

Во-первых, необходимо помочь ученику определиться с типом работы. Как правило, учащиеся, выбирая тему проекта по любому предмету, и даже по информатике, где столь разнообразны формы работы и конечный результат, останавливаются на информационном проекте, как наиболее понятном направлении работы. Необходимо с учетом возможностей и желания ученика, не сдерживая инициативу последнего показать ребенку возможности работы в той же сфере, но с более интересным результатом. Например, учащийся выбрал исследовательский проект «Сравнение возможностей современных редакторов видео». Предлагаю ребенку творческому, имеющему способности к программированию, способному к самостоятельной исследовательской деятельности немного изменить направление и тип работы и выбрать следующую тему «Использование компьютерных технологий в современной анимации». Аргументирую тем, что область применения компьютерной анимации очень велика – это и реклама, и отдельные элементы WEB-страниц, и компьютерные игры, и мультфильмы и так далее. Учащийся заинтересовался предложенной темой, провел большую исследовательскую работу и остановился на мультипликации. Работа выполнена на «отлично», было много исследований и открытий, результат – Диплом лауреата 3 степени Второго международного многожанрового фестиваля-конкурса «На заре» за создание мультипликационного фильма «Сквозь чашу». Для учителя это, прежде всего, возможность использовать данную разработку при изучении темы Прикладное программное обеспечение – Редактор видео. Все становится намного доступнее, когда тему объясняет ученик, который сам прочувствовал и применил на практике данный материал.

Другой случай, когда ребенок хочет делать проект по информатике, но его интересует только исследовательское направление деятельности. На этапе выбора темы руководитель проекта не может в корне изменить ее, но может посоветовать ребенку обратить внимание на более современное и востребованное направление в рамках той же проблемы. Например, учащийся выбрал тему «Сравнение различных мобильных платформ». Я объяснила ребенку, что тема неплохая и даже актуальная

в эпоху санкций, но предложила более конкретное направление «Современные мобильные платформы: безопасность данных и способы их защиты». Тем самым я не ограничила свободу выбора и предоставила возможности для творчества учащегося. А при изучении темы «Антивирусная защита» в 10-м классе предложила этому ученику, уже проанализировавшему и прочувствовавшему все тонкости данного вопроса, выступить перед классом с объяснением данного материала.

Аналогичная ситуация складывается с ребенком, который в качестве исследовательской работы выбрал изучение компьютерных сетей. Понятно, что при обилии материала в сети Интернет работа превращается из исследовательской в реферативную. Поэтому ребенку предлагается тема «Перспективные направления развития компьютерных сетей». Ученик знакомится с уже существующими принципами работы, а потом на уроке при прохождении темы «Компьютерные сети» ему предлагается донести данный материал до учащихся.

Если ученик знаком с языками программирования и не знает, в каком направлении вести исследовательскую работу, предложите ему попробовать управлять компьютером голосом, ведь гораздо удобнее открывать программы, и узнавать погоду с помощью голосовых команд. Тем более, что многие пользователи имеют потребность в защите своих данных от других пользователей сети, а разработанная программа будет работать только с твоим голосом. Результат – создание голосового ассистента «Вова» (имя придумал сам учащийся), который помогает получить быстрый доступ к программам, выполнять базовые функции и распознавать лица пользователей. С данной программой, написанной на языке СИ, юноша принимал участие в Воронежском областном конкурсе юных исследователей «Дерзай быть мудрым!» (1 место) и Конференции Научного общества учащихся ВГУ (диплом 2 степени). При защите данного проекта ученик рассказал о широких возможностях данного языка программирования.

Учащимся, которых интересует изучение языков программирования, которые готовятся к олимпиадам по программированию различного уровня, можно предложить тему проекта «Одна задача – разные языки программирования». Выбирается одна задача уровня региональной олимпиады, ребенок разбирает подробно алгоритм решения данной задачи, а затем реализует ее на разных языках программирования. При этом он все более углубляется в языки, изучает их особенности, новые функции и библиотеки каждого из них, сравнивает, в какой среде проще и рациональнее решать данную задачу. Так учащийся нашего лица, взяв данную тему, реализовал

задачу на четырех языках программирования. Сделав для себя определенные выводы, он затем принял участие во Всероссийской предметной олимпиаде школьников и на муниципальном этапе стал призером. При этом его опыт был задействован в 11 классе при изучении темы «Записи» и «Динамические массивы».

В настоящее время глобальная сеть Интернет разрастается с каждым часом. И, конечно же, очень много желающих в качестве индивидуального учебного проекта создавать сайт, чтобы стать частичкой этого виртуального пространства. Необходимо прежде всего выяснить у учащегося цель создания данного продукта, кому это надо и для чего, какие навыки имеет учащийся в данной направленности, какими знаниями обладает в этой области, какой тип сайта и каким образом он планирует создать. Если уровень ребенка «нулевой», но есть огромное желание, то можно предложить ему начать все с начала: рассмотреть историю создания сайтов, типы сайтов, проанализировать способы создания и выбрать один из них для себя. Результатом будет, скорее всего, статический сайт с «ручным» написанием кода на языке разметки гипертекста HTML. Макет и тематика сайта оговариваются с куратором заранее, все остальное зависит от творческих наклонностей и желания ученика. Здесь определенный бонус учителю, который в 11 классе с классом будет заниматься созданием WEB-страниц, и данный ребенок, проанализировав на первом этапе весь необходимый материал, станет незаменимым помощником в момент объяснения данной темы.

Но есть и другие дети, которые очень хорошо разбираются в этом вопросе, и данная проектная работа будет лишь новой вершиной в создании сайтов. Здесь необходимо придумать какую-то интересную структуру сайта (опросник, конструктор сайтов, обучающая программа и т.д.) или же необычный контент. Например, одним из учеников был выбран проект «Создание динамической книги». Работа была очень интересной, и ребенок принял участие в региональном «IT-кейс-чемпионате» и занял 2 место в направлении «WEB-разработка (14-17 лет)». В связи с тем, что проект был защищен в 10 классе, в следующем учебном году ему было предложено стать соруководителем проекта у десятиклассника.

### **Заключение**

Индивидуальный учебный проект – это новый предмет в учебном плане, но для каждого учителя давно и хорошо известный эффективный способ повышения мотивации учащихся к обучению. Он побуждает детей к самостоятельной деятельности, учит их получать необходимые знания, добывать информацию, что в дальнейшем несомненно окажет ему помощь в жизненной практике. У каждого человека есть дарование,



талант к определенному виду деятельности, и проект как раз пробуждает эти задатки. А задача учителя – грамотно направить деятельность ученика и выявить индивидуальные способности последнего.

### **Список литературы**

1. Федеральный государственный образовательный стандарт среднего общего образования [Электронный ресурс] / <https://fgos.ru/fgos/fgos-soo/> (дата обращения: 20.12.2022).

## **Студенческие олимпиады по информатике и программированию, проводимые факультетом ПММ ВГУ и посвященные знаменательным датам**

О. Ф. Ускова, email: sunny.uskova@list.ru  
С. Н. Медведев, email: s\_n\_medvedev@mail.ru  
Г. В. Абрамов, email: agwl@yandex.ru  
Н. А. Каплиева, email: kaplieva@amm.vsu.ru

Воронежский государственный университет

**Аннотация.** *Олимпиады по информатике и программированию как составляющая учебного процесса, способствующие подготовке высококвалифицированных специалистов в области прикладной математики, информационного моделирования и современных компьютерных технологий. Основные цифры и факты соревнований студентов.*

**Ключевые слова:** *информатика и информационные технологии, студенческая олимпиада по программированию, победители и призеры, спонсорская и информационная поддержка.*

### **Введение**

Факультет прикладной математики, информатики и механики Воронежского государственного университета (ПММ ВГУ) образован в нашей стране в 1969 году одним из первых факультетов подобного профиля.

Согласно концепции модернизации высшего образования, основная его цель состоит в подготовке высоко квалифицированных специалистов соответствующего уровня и профиля, конкурентно способных на рынке труда, компетентных, ответственных, свободно владеющих своей профессией и ориентированных в смежных видах деятельности, способных к эффективной работе по специальности на уровне мировых стандартов, готовых к постоянному профессиональному росту.

Студенческие олимпиады по информатике и программированию органично вписались в учебный процесс факультета ПММ ВГУ, став одной из составляющих его частей.

Четыре года подряд (2001–2004 гг) проект «Открытая региональная студенческая школа-олимпиада по программированию и компьютерному моделированию» был победителем в конкурсе грантов Федеральной целевой программы «Интеграция науки и высшего

образования» по направлению «Проведение научных конкурсов, школ т конференций для студентов и аспирантов, молодых преподавателей и сотрудников вузов» [1, 2].

На лабораторной базе факультета ПММ ВГУ десять лет подряд (2003–2012 гг) проводился третий тур Всероссийской олимпиады по информатике и программированию в соответствии с приказами Министерства образования и науки [2, 3].

Ежегодно, начиная с 2012 года в рамках Международной конференции «Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики» факультет ПММ ВГУ организует и проводит соревнования студентов вузов Черноземья по информатике и программированию [5].

Проведение соревнований студентов способствует развитию важнейших качеств личности, таких как инициативность, способность творчески мыслить и находить нестандартные решения.

### **1. Студенческие олимпиады по информатике и программированию, проводимые факультетом ПММ ВГУ и посвященные знаменательным датам**

Межвузовская студенческая олимпиада, посвященная 30-летию юбилею факультета ПММ ВГУ, проведена 25 февраля 2000 года. Лучшие результаты показали студенты факультета ПММ ВГУ Селезнев К., Коломыщев С., Беляев А., Мишустин В., Танчук А. Спонсорскую поддержку оказали компьютерные фирмы Рет, Релэкс, НЭКС, Парус и кафедра математического обеспечения ЭВМ.

Межвузовская городская олимпиада по программированию, посвященная 5-летию межрегиональной ассоциации «Женщины в науке и образовании» организована и проведена 15–18 апреля 2000 года. Абсолютными победителями стали студенты факультета ПММ ВГУ Якубенко А. (1 место), Гладышев О. (2 место), 3 место заняли Поляков А., Клиньских А., Мухин А. В олимпиаде соревновались студенты нескольких вузов г. Воронежа. Победителями среди технических вузов стали:

1 место: Кузьмин М. (ВГАСУ),

2 место: Затворницкий М. (ВГТА),

3 место: Кудрин М. (ВГТА).

Призовые места в номинации «Студентки» завоевали:

1 место: Мхитарян Л. (ПММ ВГУ),

2 место: Добросоцкая Ю. (матфак ВГУ),

3 место: Камардина С. (ВГПУ).

Спонсорскую поддержку оказали: Рет, Релэкс, НЭКС, Триэль, ТД Финист, Oriflame (Швеция), профессиональный союз учащейся

молодежи Воронежской области «Поколение», газета «Молодой коммунар».

В рамках международной школы-семинара «Современные проблемы механики и прикладной математики», посвященной 70-летию Быковцева Геннадия Ивановича, доктора физико-математических наук, профессора, проводилась 17–19 сентября 2007 г. региональная студенческая олимпиада по программированию и компьютерному моделированию. Олимпиада студентов была посвящена памяти Быковцева Г. И., основателю факультета ПММ ВГУ.

В олимпиаде, которая проходила в заочном телекоммуникационном режиме, могли принять участие все желающие студенты любых вузов Черноземья, любых форм обучения, любых направлений [4]. Общее число участников 200 студентов, представляющих города Белгород, Липецк, Курск, Орел, Тамбов, Ростов-на-Дону, Лиски, Рассказово, Балашов, Елец. Честь воронежских вузов защищали студенты Воронежского государственного университета, Воронежского государственного технического университета, Воронежской государственной технологической академии, Воронежского государственного архитектурно-строительного университета, Воронежского института менеджмента, маркетинга и финансов, Воронежского института высоких технологий, Воронежского института МВД РФ, Воронежского высшего авиационно-технического училища.

Максимально возможное число баллов (15) набрали:

Студент 4 курса факультета ПММ ВГУ Дмитрий Гладков и первокурсник Белгородского государственного университета Андрей Селюков. Они заняли первое место. На второе место (результат 14 баллов) вышли Александр Алимов, студент 2 курса Волгоградского технического университета и студент того же вуза Владимир Чальшев. Третье место заняли студент 4 курса факультета ПММ ВГУ Алексей Лазаренко, студенты Тамбовского государственного технического университета Любовь Мишина и Никита Теряев, студент 4 курса Воронежского государственного университета Сергей Ушаков.

Олимпиада по информатике первокурсников факультета ПММ, посвященная 70-летию со дня рождения одного из основателей факультета ПММ ИГУ профессора Ивлева Д. Д. 20–22 сентября 2000 года.

Победители:

1 место: Андреев Д., Родионов С.;

2 место: Мухоедов Д., Гром С.;

3 место: Некрасов С.

Первое место среди первокурсниц заняла Бондаренко Е.

Спонсоры олимпиады: деканат факультета ПММ ВГУ, кафедра математического обеспечения ЭВМ.

Межфакультетская олимпиада по информатике, посвященная «Дню факультета ПММ» проведена 16 марта 2001 года. Все призовые места заняли студенты факультета ПММ ВГУ:

- 1 место: Ширяев М., Клинских А.;
- 2 место: Выростков Д., Соколов С.;
- 3 место: Громов С., Жуков Е.

Победители среди студенток:

- 1 место: Тарасова А., Емец Е.;
- 2 место: Бойченко А., Бондаренко Е.;
- 3 место: Токарева Е., Еремеева Е., Сбитнева Ю., Страпко Ю.

Спонсоры: Рет, Виват, Интерком, ТД Финист, межрегиональная ассоциация «Женщины в науке и образовании».

Региональная студенческая интернет-олимпиада, посвященная 85-летию Воронежского государственного университета и 10-летию ассоциации «Женщины в науке и образовании», май 2003 года.

Победители номинации «Информатика – профилирующая дисциплина»:

1 место: студенты факультета ПММ ВГУ Мухоедов Дмитрий, Гайдай Виктор, Мамедов Эмин;

2 место: Просин Сергей (ПММ ВГУ),  
Андрянов Дмитрий (Белгород);

3 место: Пузанок Алексей (Белгород).

Победители номинации «Информатика – общеобразовательная дисциплина»:

- 1 место: Карпюк Дмитрий (ВВАИИ);
- 2 место: Черниенко Василий (Украина);
- 3 место: Братков Дмитрий (ВИРЭ).

Все победители номинации «Студентки» представляют факультет ПММ ВГУ: Гурова Мария (1 место), Сидорова Марина (2 место), Бойченко Анастасия (2 место), Жукова Анна (3 место).

Победитель номинации «Физико-математические специальности»

Логунов Сергей (математический факультет ВГУ).

Победитель номинации «Естественно-географические специальности»

Вахтин Сергей (географический факультет ВГУ).

Спонсоры: Релэкс, OSC-Юг, издательское предприятие Радио Софт (Москва). Информационная поддержка: газеты Компьютерра-регион, Воронежский университет.

IV Всероссийская студенческая олимпиада «Информатика. Программирование. Информационные технологии», посвященная 60-летию Российской информатика, 20–23 ноября 2008 года. Приказ Федерального агентства по образованию № 261 от 31.03.2008 в рамках реализации национального проекта «Образование».

Победители:

1 место: Гольдштейн В. (Саратов);

2 место: Трофимов Д. (ПММ ВГУ);

3 место: Акимов С. (Саратов).

Генеральный спонсор Siemens. Спонсоры компьютерные компании: OSC-Юг, Релэкс, Рет, Murano Soft, DataArt, Информсвязь-Черноземье. Информационная поддержка: 41 канал ТВЦ Воронеж, ТВЦ Губерния, Воронеж-Медиа, журнал It-tegra, газеты Молодой коммунар, Время-Ч, Воронежский университет.

VII Всероссийская студенческая олимпиада «Информатика. Программирование. Информационные технологии», сентябрь–ноябрь 2009 г. Приказ министерства образования и науки РФ № 254 от 13.03.2009 г. Олимпиада посвящена 40-летию факультета ПММ.

Победители олимпиады:

1 место (180 баллов): Левшунов Д. (Саратовский государственный университет);

2 место (174 балла): Бабкин С. (ВГУ);

3 место (165 баллов): Рахов А. (Саратовский государственный университет).

Победитель номинации «Первокурсники» Бабкин С. (ПММ ВГУ).

Победитель номинации «Технические вузы» Марчук С. (Липецкий государственный технический университет).

Победитель номинации «Технические вузы, для которых информатика не является профильной дисциплиной» Музалевский Ф. (Воронежская государственная технологическая академия).

Победитель номинации «Милицейские вузы» Меренков А. (Воронежский институт МВД РФ).

Генеральный спонсор: компьютерная компания Рет. Спонсоры: DataArt, Релэкс, Информсвязь-Черноземье, Murano Soft Inc, SoftKey, OSC-Юг, издательство Питер-Воронеж, Мир ПК.

Информационная поддержка: Мир ПК, Воронеж-Медиа.

Открытые on-line соревнования студентов вузов Черноземья, посвященные 95-летию ВГУ, декабрь 2013 г.

Организаторы:

Релэкс (директор Бойченко И.А.),

DataArt (директор Воронежского отделения Федоров М.Г.),

MuranoSoft (директор Воронежского отделения Шинкаренко А.Ю.),  
Рет (директор по экономическому развитию Лапыгин Д.Р.),  
ПММ ВГУ (декан, профессор Шашкин А.И.).  
Победители и призеры номинаций. Компании

Релэкс:

- 1 место: Перунов Николай (3 курс ПММ);
- 2 место: Климов Кирилл (4 курс ФКН);
- 3 место: Горовой Александр (1 курс ФКН);

Murano Soft:

- 1 место: Рочев Илья (4 курс ПММ);
- 2 место: Перунов Николай (3 курс ПММ);
- 3 место: Иванов Андрей (1 курс ПММ);

DataArt:

- 1 место: Горовой Александр (1 курс ФКН);
- 2 место: Редковолосов Дмитрий (2 курс ПММ);
- 3 место: Барышникова Анастасия (3 курс ПММ);

Mail.ru:

- 1 место: Перунов Николай (3 курс ПММ);
- 2 место: Землянухин Михаил (2 курс ФКН);

T-Systems:

- 1 место: Холодков Алексей (2 курс ПММ);
- 2 место: Гранкин Игорь (1 курс ПММ);
- 3 место: Токтар Рената (1 курс ПММ).

Соревнования студентов по информатике и программированию в рамках Международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики», 9–16 декабря 2015 года. Соревнования посвящены 25-летию юбилею их организатора ЗАО НПП Релэкс. В соревнованиях участвовали 94 студента, представляющих вузы: Воронежский государственный университет, Тамбовский государственный технический университет, Воронежский институт высоких технологий, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», Воронежский государственный педагогический университет, Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронежский институт высоких технологий.

Победители:

- 1 место: Землянухин Михаил (ФКН ВГУ, 4 курс),
- 2 место: Минаев Сергей (ПММ ВГУ, магистр),
- 3 место: Золотухин Алексей (ПММ ВГУ, 4 курс).

Организаторы: ЗАО НПП Релэкс, факультет ПММ ВГУ.

## **Заключение**

Соревнования студентов по информатике и программированию органично вписалось в учебный процесс факультета ПММ ВГУ, способствуя решать задачи подготовки высококвалифицированных специалистов в области прикладной математики, информационного моделирования и современных компьютерных технологий.

Отметим в заключение, что Эдуард Константинович Алгазинов, имя которого носит настоящая XXIII Международная научно-практическая конференция, всегда активно поддерживал организацию и проведение студенческих олимпиад по информатике и программированию

## **Список литературы**

1. Ускова, О. Ф. Интернет-олимпиада по программированию: основные цифры и факты соревнований студентов региона / О. Ф. Ускова // Вестник факультета прикладной математики, информатики и механики. – Вып. 5. – Воронеж : ИПЦ ВГУ. – 2004. – С. 212-216.
2. Ускова, О. Ф. Программное, учебно-методическое и организационное обеспечение студенческих олимпиад по программированию / О. Ф. Ускова, О. Д. Горбенко // Черноземный альманах научных исследований. Сер. Прикладная математика и информатика. – 2006. – № 1(2). – С. 37-62.
3. Ускова, О. Ф. О некоторых аспектах технологии проведения Всероссийских олимпиад по информатике / О. Ф. Ускова, О. Д. Горбенко // Проблемы организации и проведения предметных олимпиад в высших учебных заведениях : материалы Всерос. научно-метод. семинара (Рыбинск, 18-20 ноября 2008 г.).
4. Ускова, О. Ф. О некоторых итогах интернет-олимпиады по информатике, посвященной памяти профессора Г. И. Быковцева / О. Ф. Ускова, О. Д. Горбенко // Черноземный альманах научных исследований «Современные проблемы механики и прикладной математики» : сб. тр. Международной школы-семинара (Воронеж, 17-19 сентября 2007 г.). – Воронеж, 2007. – С. 97-110.
5. Горбенко, О. Д. Воронежский государственный университет – базовый вуз Всероссийской студенческой олимпиады «Информатика. Программирование. Информационные технологии» / О. Д. Горбенко, О. Ф. Ускова, А. И. Шашкин // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. Проблемы высшего образования. – 2012. – № 2. – С. 51-56.



**Секция 2**  
ЕГЭ по информатике

## Программный и аналитический способы построения и заполнения таблиц истинности логических функций

В. С. Попов, email: popov\_vlad@mail.ru<sup>1</sup>  
П. А. Леляев, email: petrleliaev@gmail.com<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)  
<sup>2</sup> ГАУ «Центр цифровизации образования»

**Аннотация.** В данной работе рассматриваются методы построения таблиц истинности логических функций с использованием языков программирования высокого уровня, а также на основе логических умозаключений, и особенности использования языков программирования при решении подобных задач.

**Ключевые слова:** Логическая функция, булева функция, логическая операция, логическая формула, таблица истинности, булева алгебра, алгебра высказываний, алгебра логики, двоичная логика, логическая переменная, полный перебор значений логических переменных.

### Введение

При работе с логическими функциями одним из способов задания логической функции является таблица истинности [1], задающая соответствие выходных значений логической функции комбинациям её входных логических переменных (табл. 1).

Таблица 1

*Общий вид таблицы истинности логической функции F от n переменных*

$x_1$	...	$x_{n-1}$	$x_n$	$F(x_1, \dots, x_n)$
0	...	0	0	$F(0, \dots, 0, 0)$
0	...	0	1	$F(0, \dots, 0, 1)$
0	...	1	0	$F(0, \dots, 1, 0)$
...		...	...	...
1	...	1	1	$F(1, \dots, 1, 1)$

Для логической функции F от n переменных имеется  $2^n$  строк таблицы истинности, содержащих различные комбинации значений логических переменных  $x_1, \dots, x_n$ .

В данной статье рассматривается способ построения таблиц истинности логических функций с использованием компьютерной программы на языке программирования, а также пример аналитического заполнения таблицы истинности.

### **Пример логической функции для построения таблицы истинности**

В качестве примера логической функции для построения её таблицы истинности рассмотрим задание № 2 демонстрационной версии контрольно-измерительных материалов ЕГЭ по информатике 2023 года [2]:

«Миша заполнял таблицу истинности логической функции F, но успел заполнить лишь фрагмент из трёх различных её строк, даже не указав, какому столбцу таблицы соответствует каждая из переменных w, x, y, z.

$$\neg(y \rightarrow x) \vee (z \rightarrow w) \vee \neg z \quad (1)$$

Определите, какому столбцу таблицы соответствует каждая из переменных w, x, y, z (табл. 2).

Таблица 2

*Частично заполненная таблица истинности*

				<b>F</b>
	0			0
0	1			0
1			0	0

В ответе напишите буквы w, x, y, z в том порядке, в котором идут соответствующие им столбцы (сначала буква, соответствующая первому столбцу; затем буква, соответствующая второму столбцу, и т.д.). Буквы в ответе пишите подряд, никаких разделителей между буквами ставить не нужно».

## **2. Построение таблицы истинности логической функции переборным алгоритмом**

Пример программы для построения таблицы истинности логической функции приведён в Листинге 1, вывод данной программы приведён в Листинге 2. Данная программа использует вложенные циклы for для получения всех комбинаций значений логических переменных x, y, z, w. Комбинации значений переменных x, y, z, w перебираются в порядке счёта в двоичной системе счисления: (0, 0, 0, 0), (0, 0, 0, 1), (0, 0, 1, 0), (0, 0, 1, 1), (0, 1, 0, 0), ..., (1, 1, 1, 1). Используемый порядок логических переменных (например, x, y, z, w) должен соблюдаться при каждом выводе и переборе логических значений в циклах. Для построения таблицы истинности логической функции (1) при заданном

значении логической функции в цикл максимальной вложенности можно включить условный оператор if.

Листинг

*Программа на языке Python для построения таблицы истинности логической функции F при любых значениях F и при F=0*

```
# Построение полной таблицы истинности F
print('x y z w F')
for x in 0, 1:
    for y in 0, 1:
        for z in 0, 1:
            for w in 0, 1:
                F = not(y <= x) or (z <= w) or not z
                print(x, y, z, w, F)

# Построение таблицы истинности при F=0
print('x y z w F')
for x in 0, 1:
    for y in 0, 1:
        for z in 0, 1:
            for w in 0, 1:
                F = not(y <= x) or (z <= w) or not z
                if F == 0:
                    print(x, y, z, w, F)
```

Листинг 2

*Вывод программы при F=0*

```
x y z w F
0 0 1 0 False
1 0 1 0 False
1 1 1 0 False
```

Перебор в каждом из циклов for осуществляется путём перебора элементов кортежа 0, 1. Также возможны следующие способы записи, приведённые в Листинге 3.

Листинг 3

*Другие способы перебора логических значений в цикле*

```
for x in 0, 1:
for x in [0, 1]:
for x in range(2):
for x in [False, True]:
```

Соотнеся вывод программы и данную в задании частично заполненную таблицу истинности, получим ответ uxzw.

При использовании логических значений False, True вместо целочисленных значений 0, 1 для логических переменных x, y, z, w при

их выводе будет удобным приведение логического типа к целочисленному: `print(int(x), int(y), int(z), int(w), F)`.

Условие « $F == 0$ » может быть записано в виде «`not F`», условие « $F == 1$ » может быть записано в виде «`F`» (`if F:`).

### 3. Операторы языков программирования для сокращения записи логических операций

В большинстве языков программирования присутствуют логические операторы «логическое не» (`not`), «логическое и» (`and`), «логическое или» (`or`), а также побитовые операторы «побитовое не», «побитовое и», «побитовое или», «побитовое исключающее или». Запись данных операций в различных языках программирования приведена в табл. 3.

Таблица 3

*Операторы логических и побитовых операций в различных языках программирования*

Операция	Python	C++	Pascal
Логическое не	<code>not</code>	<code>!</code>	<code>not</code>
Логическое и	<code>and</code>	<code>&amp;&amp;</code>	<code>and</code>
Логическое или	<code>or</code>	<code>  </code>	<code>or</code>
Побитовое не	<code>~</code>	<code>~</code>	<code>not</code>
Побитовое и	<code>&amp;</code>	<code>&amp;</code>	<code>and</code>
Побитовое или	<code> </code>	<code> </code>	<code>or</code>
Побитовое исключающее или	<code>^</code>	<code>^</code>	<code>xor</code>

В то же время логические операции импликации, эквиваленции, исключающего или могут быть записаны в виде дизъюнктивных или конъюнктивных нормальных форм (ДНФ и КНФ соответственно) [3], примеры записи которых приведены в табл. 4.

Таблица 4

*Дизъюнктивные и конъюнктивные нормальные формы для некоторых логических операций*

Операция	ДНФ	КНФ
Импликация $x \rightarrow y$	$\neg x \vee y$	$\neg x \vee y$
Эквиваленция $x \equiv y$	$x \wedge y \vee \neg x \wedge \neg y$	$(\neg x \vee y) \wedge (x \vee \neg y)$

Исключающее или $x \oplus y$	$\neg x \wedge y \vee x \wedge \neg y$	$(\neg x \vee \neg y) \wedge (x \vee y)$
---------------------------------	--	--

Запись ДНФ и КНФ на языках программирования может быть громоздкой, а учащиеся могут испытывать сложности с пониманием и запоминанием нормальных форм логических функций. Для короткой записи логических операторов рекомендуется использовать операторы языков программирования, приведённые в [4]. Некоторые часто используемые логические операторы и их возможная запись на языке программирования в виде операторов сравнения приведены в табл. 5.

Таблица 5

*Соответствие некоторых логических операторов и операторов языков программирования*

Название логической операции	Обозначение логической операции	Обозначение соответствующей операции в языке программирования
Отрицание, логическое не	$\neg$	not
Конъюнкция, логическое и	$\wedge$	and
Дизъюнкция, логическое или	$\vee$	or
Импликация	$\rightarrow$	<=
Эквиваленция	$\equiv$	==
Исключающее или	$\oplus$	!=

Операция импликации  $\rightarrow$  может быть представлена в виде оператора сравнения <= по причине соответствия таблицы истинности логической операции  $x \rightarrow y$  и результатов операции сравнения  $x <= y$  (см. табл. 6): единственная строка таблицы истинности, в которой результат импликации  $\rightarrow$  и сравнения <= окажется ложен, – строка со значениями переменных  $x = 1$  и  $y = 0$ , в остальных строках таблицы истинности результат операций  $\rightarrow$  и <= равен 1.

Таблица 6

*Соответствие таблицы истинности импликации и операции сравнения «меньше или равно»*

x	y	$x \rightarrow y$	$x <= y$
0	0	1	1
0	1	1	1
1	0	0	0
1	1	1	1

Аналогичным образом доказывается соответствие эквиваленции  $\equiv$  операции сравнения  $==$ , а исключающего или  $\oplus$  операции «не равно»  $!=$ .

#### 4. Приоритет логических операций при записи выражений на языке программирования

В соответствии с приоритетом операций в языках программирования [5], операции сравнения (например,  $<=$ ,  $==$ ,  $!=$ ) имеют больший приоритет, чем логические операции  $not$ ,  $and$ ,  $or$ . Однако в алгебре логики приоритет логических операций отличается, что создаёт проблемы при применении операторов сравнения в качестве замены логических операторов импликации, эквиваленции, исключающего или. Приоритет рассматриваемых логических операторов в порядке от большего приоритета к меньшему в алгебре логики: отрицание, конъюнкция, дизъюнкция и исключающее или (одинаковый приоритет), импликация, эквиваленция. При записи логических формул с использованием как логических операторов, так и операторов сравнения на языке программирования следует использовать скобки для операндов операторов сравнения. Например, неправильная и верная запись формулы  $\neg x \rightarrow (y \equiv \neg z)$  выглядят следующим образом соответственно:  $not\ x <= (y == not\ z)$  и  $(not\ x) <= (y == (not\ z))$ . Первый вариант записи приведёт к возникновению ошибки в языке программирования Python: «SyntaxError: bad input». Также отсутствие правильно расставленных скобок для указания приоритетов логических операций приводит к построению неверной таблицы истинности, например, следующая запись формулы  $\neg x \rightarrow (y \equiv \neg z)$  будет тоже неверной из-за отсутствия скобок для левого операнда импликации:  $not\ x <= (y == (not\ z))$ .

#### 5. Примеры записей логических формул на языке программирования

Примеры записи некоторых логических формул в языке программирования Python показаны в табл. 7.

Таблица 7

*Примеры записи логических формул на языке программирования*

Логическая формула	Запись в Python
$\neg x \rightarrow (y \equiv \neg z)$	$(not\ x) <= (y == (not\ z))$
$\neg(\neg x \oplus y) \rightarrow (z \equiv \neg w)$	$(not((not\ x) != y)) <= (z == (not\ w))$
$x \rightarrow (\neg y \rightarrow \neg(\neg z \rightarrow w))$	$x <= ((not\ y) <= (not((not\ z) <= w)))$

## 6. Построение таблиц истинности без использования программирования

Некоторые задачи с условием, аналогичным приведённому в п. 1, не имеют простого решения с использованием переборных алгоритмов. В качестве примера рассмотрим следующую задачу:

«Дана частично заполненная таблица истинности функции

$$((x \rightarrow y) \equiv (y \rightarrow z)) \wedge (w \vee y) \quad (2)$$

Определите, какому столбцу соответствует каждая переменная из набора  $w, x, y, z$  (табл. 8).

Таблица 8

*Частично заполненная таблица истинности*

				<b>F</b>
		0	0	1
0	0	0		1
0				1

В ответе запишите буквы  $w, x, y, z$  в том порядке, в котором идут соответствующие им столбцы (сначала буква, соответствующая первому столбцу, затем буква, соответствующая второму столбцу, и т.д.). Буквы в ответе пишите подряд, никаких разделителей между буквами ставить не нужно.»

Если решать такую задачу методом, предложенным в п. 2, легко установить, что данное логическое выражение (2) имеет истинное значение при 6 из 16 наборов логических переменных. Дальше есть возможность выбрать из них 3 и расставить переменные в нужном порядке, но это может оказаться трудоёмкой задачей (напомним, что время на ЕГЭ по информатике ограничено 3 часами 55 минутами, а кроме данной задачи, есть ещё 26). Поэтому рассмотрим теоретический способ решения — к слову, до 2021 года ЕГЭ по информатике проходил в письменной форме и такие задачи предполагали именно письменное аналитическое решение.

Заметим, что в последнюю очередь в данном выражении (2) выполняется конъюнкция, следовательно, левая и правая части конъюнкции в каждой рассматриваемой строке приведённой частично заполненной таблицы истинности должны быть истинными (равняться 1). Таким образом, в каждой из этих строк хотя бы одна из переменных  $w$  и  $y$  должна равняться 1, из чего следует, что в 4 столбце таблицы должна находиться одна из них. Это не может быть  $y$ , поскольку в таком случае для второй из рассматриваемых строк таблицы истинности слева от конъюнкции получится ложное значение 0. Итак, в 4 столбце данной



частично заполненной таблицы истинности находится переменная  $w$ , и её значение во второй строке равно 1 (табл. 9).

Таблица 9

*Частично заполненная таблица истинности*

			<b>w</b>	<b>F</b>
		0	0	1
0	0	0	1	1
0				1

Далее обратимся к первой предложенной строке. Отметим, что если из двух пропущенных ячеек единица только в одной, то она должна соответствовать переменной  $w$  – это противоречие, так как  $w$  уже находится в 4 столбце. Таким образом, единиц в первой строке две, и одна из них соответствует  $y$ . В таком случае другая должна соответствовать  $z$ , чтобы выполнялась эквиваленция в левой скобке (2). Методом исключения получаем, что третий столбец соответствует переменной  $x$  (табл. 10).

Таблица 10

*Частично заполненная таблица истинности*

		<b>x</b>	<b>w</b>	<b>F</b>
1	1	0	0	1
0	0	0	1	1
0				1

Наконец, рассмотрим последнюю строку. Одна из переменных  $z$  и  $y$  в ней равна 0. Предположим, что это  $z$ . В таком случае для истинности левой скобки значение переменной  $y$  также должно равняться 0. Это же справедливо и для переменной  $x$ . Переменная  $w$  должна равняться 1 для истинности правой скобки. Таким образом, мы получили строку, совпадающую со второй, что противоречит условию задачи – таблица содержит неповторяющиеся строки. Поэтому первому столбцу соответствует переменная  $y$ , и ответ данной задачи –  $uzxw$ . Значения переменных в третьей строке можно не находить, поскольку по условию задачи это не требуется (табл. 11).

Таблица 11

*Частично заполненная таблица истинности*

<b>y</b>	<b>z</b>	<b>x</b>	<b>w</b>	<b>F</b>
1	1	0	0	1
0	0	0	1	1
0				1

При подобных решениях следует помнить, что если предположение не приводит к противоречию, это ещё не означает, что оно верное, и стараться выдвигать предположения, позволяющие прийти к противоречию, исключающему варианты заполнения таблицы.

### **7. Проверка таблицы истинности и полученного ответа**

Для проверки заполненной таблицы истинности и полученного ответа можно последовательно подставить значения логических переменных для каждой строки таблицы истинности в заданную логическую функцию  $F(1)$  или  $(2)$ , в результате вычисления которой вычисленные значения  $F$  должны совпадать с заданными в частично заполненной таблице истинности. Данную проверку также можно выполнить аналитическим или программным способом. Например, для первой строки таблицы истинности задания из п.6:  $((0 \rightarrow 1) \equiv (1 \rightarrow 1)) \wedge (0 \vee 1)$  или на языке программирования `print(((0 <= 1) == (1 <= 1)) and (0 or 1)).`

### **Заключение**

В статье рассмотрены вопросы применения переборных алгоритмов и операторов сравнения языков программирования для построения таблиц истинности логических функций, включающих операции импликации, эквиваленции, исключающего или. Приведены операторы логических и побитовых операций языков программирования, соответствие логических операций и операций языков программирования, примеры записи логических формул на языке программирования. Рассмотрена проблема несоответствия приоритета логических операций и операций языков программирования при использовании операций сравнения в качестве замены логических операций импликации, эквиваленции, исключающего или. Также рассмотрен теоретический алгоритм заполнения таблиц истинности, содержащих пропущенные значения.

### **Список литературы**

1. Новиков, Ф. А. Дискретная математика для программистов: Учебник для вузов / Ф. А. Новиков. – 3-е изд. – СПб: Питер, 2009. – 384 с.
2. Демонстрационный вариант контрольных измерительных материалов единого государственного экзамена 2023 года по информатике // ФГБНУ Федеральный институт педагогических измерений. – М.: 2022. – 11 с.
3. Белоусов, А. И., Ткачёв, С. Б. Дискретная математика : учебник для вузов / Белоусов А. И., Ткачёв С. Б.; ред. Зарубин В. С., Крищенко А. П. – 4-е изд., испр. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006. – 743 с.
4. Popov, V. S. Equivalence of logical operations and other operations in Python programming language [Manuscript submitted for publication]. Informatics and Control Systems, BMSTU.
5. Expressions – Python 3.11.1 documentation [Электронный ресурс]: Интернет-сайт – Режим доступа: <https://docs.python.org/3/reference/expressions.html#operator-precedence>

## **Секция 3**

**Проектная технология  
обучения на основе ИКТ**

# **ИКТ в индивидуальных проектах при реализации ООП СОО (социально-экономический профиль)**

Н. Г. Бойко, email: boikonatg@gmail.com

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение  
«Лицей № 15», г. Воронеж

**Аннотация.** *В данной работе рассматривается организация деятельности в МБОУ «Лицей № 15» по индивидуальным проектам на уровне среднего общего образования при реализации социально-экономического профиля с использованием ИКТ.*

**Ключевые слова:** *Индивидуальный проект, проектная деятельность, темы проектов социально-экономического профиля, ИКТ-поддержка, критерии оценивания проекта.*

## **Введение**

Федеральные государственные образовательные стандарты среднего общего образования четко определяют структуру основной образовательной программы среднего общего образования каждого образовательного учреждения, в том числе структуру учебного плана, в котором является обязательным наличие индивидуального проекта для обучающихся [1]. Индивидуальный проект представляет собой особую форму организации деятельности учащихся (учебное исследование или учебный проект). Результаты выполнения индивидуального проекта должны отражать сформированность навыков проектной деятельности, а также самостоятельного применения приобретенных знаний и способов действий при решении различных задач, используя знания одного или нескольких учебных предметов или предметных областей.

### **1. ИКТ-поддержка проектной деятельности учащихся 10-11 классов социально-экономического профиля**

В МБОУ «Лицей № 15» в 10-11 классах наряду с другими реализуется и социально-экономический профиль, соответственно темы проектов отражают запросы школьников в данной области: обществознания, права, экономики, истории, финансовой грамотности. Однако присутствует выбор тематики исследований, связанных с учебными предметами, не изучаемыми в школе: психологией, социологией, бизнесом. «Системы счисления Древнего мира», «Информационный бизнес», «Туристические бренды Воронежской

области. Военно-исторический маршрут», «Уровень культурно-правовых знаний в современной России», «Социальный инфантилизм как диагноз общества потребления», «Троллинг как тип коммуникативного поведения в Интернете», «Военно-патриотическое воспитание в России», «Влияние компьютерных технологий на психоэмоциональное и физиологическое состояние школьников», «Разработка настольной игры «Знания – сила!», «Влияние цвета на настроение человека», «Использование компьютерных технологий в современной анимации», «Исследование эмоциональной саморегуляции и способы помощи и самопомощи при стрессе», «Работа архитекторов и реставраторов по восстановлению города Воронежа после войны», «Правовое регулирование в РФ защиты информации, относящейся к сфере частной жизни: специфики, проблемы», «Суд присяжных в Российской империи и Российской Федерации: общее и особенное», «Год 1917 глазами разных поколений», «Подростковая преступность как проблема современного российского общества», «Использование графических редакторов в работе художника», «Финансовая грамотность в литературе (на примере конкретных литературных произведений)», «Представительные органы Воронежа: история и современность», «Роль рекламы в потребительском выборе», «Мода XX века как социальное явление и элемент повседневной культуры», «Старение человека и возможности бессмертия», «Криптовалюта: перспективы и риски», «Реклама как элемент массовой культуры», «Закон убывающей предельной полезности», «Настоящее и будущее нейроэкономики», «Событийное волонтерство», «Проблема смертной казни: правовой и этический аспекты», «Профилактика преступности среди подростков (разработка методического мероприятия для учащихся 6-х классов)», «Создание виртуального музея «Подвиг воронежцев, погибших в Афганистане, увековеченный в мемориальных досках» и другие.

Список тем индивидуальных проектов формируется в сентябре месяце из предложений обучающихся 10 класса, педагогов, родителей. Темы обсуждаются на заседаниях методических объединений учителей-предметников, согласовываются методическим советом МБОУ «Лицей № 15» и утверждаются приказом директора лицея. Выбранная учениками тема проекта из списка утвержденных представляется публичной защите экспертной комиссии, созданной по сопровождению индивидуальных проектов. На защите темы (проектной идеи) с учащимися обсуждаются: актуальность, обоснованность и степень новизны проекта; предполагаемые положительные эффекты от создания конечного продукта; какие ресурсы (как материальные, так и

нематериальные) необходимы, их возможные источники; риски реализации проекта и сложности, которые ожидают обучающегося. В результате защиты темы должна произойти (при необходимости) такая корректировка, чтобы проект стал реализуемым и позволил ученику предпринять реальное проектное действие.

Информационно-коммуникационные технологии играют существенную роль в проектной деятельности, как в конструировании содержания (отбора и интерпретации необходимой информации, структурирования аргументации результатов исследования на основе собранных данных), так и в презентации результатов, и в формах взаимодействия.

Во-первых, для руководства проектной работой обучающихся целесообразно привлечение не только школьных педагогов, но специалистов и преподавателей из различных систем, например, дополнительного образования, среднего и высшего профессионального образования. В случае если нет организационной возможности привлечь специалистов и ученых для руководства проектной и исследовательской работой обучающихся в очном формате, может быть обеспечено дистанционное руководство этой работой (посредством сети Интернет).

Во-вторых, информационная открытость образовательной среды позволяет обеспечивать школьникам возможность коммуникации с обучающимися других образовательных организаций региона, представителями местного сообщества, культурной общественности, представителями власти, местного самоуправления; а также самостоятельного взаимодействия с информационными источниками в электронном виде. Особое место в решении этой задачи играет библиотека лица, являясь информационно-ресурсным центром сопровождения, точкой доступа к различным электронным образовательным ресурсам.

В-третьих, презентации результатов проектной работы на различных этапах ее реализации. Целесообразно в декабре (11 класс) проводить предварительную защиту, которая позволит соотнести уровень и качество выполнения с критериальной моделью оценивания содержания и оформления, станет стимулом для организованного окончания работы.

В лицее разработаны критерии оценки индивидуального проекта (табл. 1-3).

Таблица 1

*Критерии оценивания содержания и оформления учебного исследования:*

1	Грамотность постановки исследовательской цели и обоснованность выбора темы исследования	0-3 балла
2	Наличие исследовательского компонента (привлечение архивных данных, устных свидетельств, профессиональной литературы)	0-2 балла
3	Содержательность работы, собственные достижения автора (научная значимость проблемы, степень новизны, уровень владения материалом, чёткость и грамотность изложения)	0-4 балла
4	Самостоятельность, инициативность и творческий подход в реализации цели	0-2 балла
5	Грамотность оформления работы, структурированность, соответствие основным правилам научного стиля	0-2 балла
6	Динамика изменений, внесенных в проект от момента замысла (процедуры защиты проектной идеи) до воплощения: целесообразность, уместность, полнота этих изменений, соотнесение с сохранением исходного замысла проекта	0-1 балла
7	Обоснованность результатов и выводов	0-3 балла
	Итоговый балл	0-17

Таблица 2

*Критерии оценивания содержания и оформления учебного проекта:*

1	Грамотность постановки цели и обоснованность выбора темы проекта	0-3 балла
2	Оригинальность идеи, формы проектного продукта	0-2 балла
3	Содержательность работы, собственные достижения автора (авторское видение, эстетичность работы, логика, культура и грамотность изложения)	0-4 балла
4	Самостоятельность, инициативность и творческий подход в реализации цели	0-2 балла
5	Грамотность оформления работы, структурированность, соответствие основным правилам научного стиля	0-2 балла

Окончание табл. 2

6	Динамика изменений, внесенных в проект от момента замысла (процедуры защиты проектной идеи) до воплощения: целесообразность, уместность, полнота	0-1 балла
7	этих изменений, соотнесение с сохранением исходного замысла проекта	0-1 балла
8	Обоснованность результатов и выводов, практическая значимость	0-3 балла
	Итоговый балл	0-17

Таблица 3

*Критерии оценивания публичной презентации индивидуального проекта:*

1	Свободное владение материалом работы, грамотные ответы на заданные по теме вопросы	0-1 балла
2	Творческий подход к презентации результатов своей работы	0-1 балла
3	Соответствие правилам публичного выступления	0-1 балла
	Итоговый балл	0-3

Баллы по оцениванию содержания и оформления учебного исследования или учебного проекта суммируются с баллами по оцениванию публичной презентации индивидуального проекта и переводятся в пятибалльную (табл. 4).

Таблица 4

*Шкала перевода:*

Сумма баллов	Отметка
16-20	«5»
11-15	«4»
7-10	«3»
0-6	«2»

Итоговый проект представляется на конференцию МБОУ «Лицей № 15» для защиты в печатном и электронном виде (презентация, сайт, цифровой фильм и т.д.). В период ограничения посещения школы был опыт проведения данной конференции с использованием ВКС и трансляцией в YouTube.

Экспертной комиссией могут быть засчитаны результаты представления индивидуального проекта (победитель, призер, лауреат, номинант и др.) на конференциях, НОУ, турнирах, конкурсах,



олимпиадах и других мероприятиях, проводимых на муниципальном, региональном, всероссийском, международном уровнях

### **Заключение**

Таким образом, информационно-коммуникационные технологии, используемые на уровне среднего общего образования социально-экономического профиля, позволяют создавать проекты различного вида: предметного, информационного, социального, прикладного, инновационного. Проектные технологии приобретают статус инструментов учебной деятельности полидисциплинарного характера, необходимых для освоения социальной жизни и культуры. А результаты выполнения индивидуального проекта отражают у обучающихся сформированность навыков коммуникативной, учебно-исследовательской деятельности и критического мышления.

### **Список литературы**

1. Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации № 413 от 17 мая 2012 г. «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта среднего общего образования» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.edu.gov.ru/document/bf0ceabdc94110049a583890956abbfa/>

## **Электронная книга и лэпбук как продукты проектной деятельности младших школьников**

Л. О. Быкова, email: salomatina.lilia@yandex.ru

И. А. Рыбакина, email: pussycat1711@mail.ru

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение  
«Лицей № 15», г. Воронеж

**Аннотация.** *В статье представлен опыт применения средств ИКТ в процессе проектной деятельности учащихся начальных классов. Рассмотрены примеры использования информационных технологий для оформления проектного продукта. Выделены особенности и позитивные эффекты разработки электронных книг и лэпбуков в учебной деятельности.*

**Ключевые слова:** *ИКТ, проектная деятельность, системно-деятельностный подход, электронные книги, лэпбуки, Microsoft PowerPoint, iSpring.*

### **Введение**

В настоящее время ни у кого не вызывает сомнения тот факт, что использование ИКТ в образовании позволяет обогатить учебный процесс, дополняя его разнообразными возможностями, и делает его таким образом более интересным и привлекательным для обучающихся. За последние годы появилось множество различных платформ и программ для использования на уроках и во внеурочной деятельности, разработано большое количество разнообразных электронных образовательных ресурсов. Широко применяется ИКТ в проектно-исследовательской деятельности учащихся и в ходе реализации проекта, и для оформления его результатов. В начальной школе проектным продуктом может стать открытка, коллаж, лэпбук, электронная книга и т.п.

### **1. Разработка лэпбуков и электронных книг в процессе проектной деятельности и инструменты для их создания**

В Федеральных государственных образовательных стандартах устанавливается, что единство обязательных требований к результатам освоения программ начального общего образования реализуется на основе системно-деятельностного подхода. Данный подход обеспечивает системное и гармоничное развитие личности ребенка,

освоение им знаний, компетенций, необходимых как для жизни в современном обществе [1]. Для реализации системно-деятельностного подхода в педагогической практике применяются активные методы обучения, среди них самыми интегративными являются проектные методы.

Требование обучать проектированию и основам исследования пронизывает собой все ступени школьного образования. В настоящее время педагоги, в том числе и работающие в начальных классах, широко применяют метод проектов. К сожалению, очень часто проектом называют практически любую самостоятельно выполненную учащимся работу. Учитель раздает задания по определенной тематике, учащиеся готовят сообщения к следующим урокам. Вряд ли можно назвать проектами доклады по теме «Символика России», «Пословицы и поговорки о труде», «Загрязнение окружающей среды» и т.п.

Проект школьника предполагает определенную совокупность учебно-познавательных приемов, которые позволяют решить некую значимую проблему в результате самостоятельных действий учащихся с обязательной презентацией этих результатов [2]. Основная ценность проектной системы обучения состоит в том, что она ориентирует учеников на создание образовательного продукта, а не на привычное изучение определенной темы. Учащиеся в группах или индивидуально в течение определенного времени выполняют познавательную, конструкторскую или иную работу по выбранной или заданной теме. Их задача – получить новый продукт. Важно также, чтобы, разрабатывая проект, учащиеся одновременно решали учебные задачи, связанные с освоением способов этой деятельности [3].

Лэпбук – это универсальное пособие, которое может быть итогом проектной деятельности детей. Создание этого продукта способствует формированию умения анализировать и систематизировать информацию. Современные ученики сталкиваются с огромным потоком информации из печатных и интернет-источников. Проблема выбора необходимых данных и их систематизация является очень актуальной в настоящее время. Лэпбук, являясь интерактивным средством, активизирует познавательную активность учащихся, обеспечивает индивидуализацию образовательного процесса.

Ученики начальных классов с удовольствием создают несложные по конструкции интерактивные папки с «кармашками», куда они помещают материал по определенной теме. Например, лэпбук «Школа» содержит кармашки: «портфель», «расписание», инструкции, правила поведения и т.п.

Разработка компьютерного лэпбука обеспечивает компактное хранение различной информации, в том числе и медиафайлов (что невозможно в бумажном варианте), возможность добавлять новые данные в «кармашки», а также изменить оформление, если в этом есть необходимость.

Для работы с лэпбуком применяют программу Microsoft PowerPoint. При первоначальном знакомстве младших школьников с данным видом деятельности можно предложить готовые шаблоны, которые учащиеся должны наполнить содержанием, в дальнейшем учащиеся отбирают и систематизируют информацию самостоятельно, согласно своему замыслу. Начальным этапом работы является проектный замысел. Учащиеся определяют, что они хотели бы получить, затем формируют «банк» информации, которую планируют разместить. Следующими этапами проектной деятельности является разработка внутреннего и внешнего вида макета лэпбука, оформление и наполнение «карманов», «конвертов», «окошек» и т.п.

Педагоги выбирают и традиционные, и компьютерные лэпбуки для решения учебных задач. Традиционный вариант развивает умения конструировать при помощи бумаги, картона, клея и т.п. Электронный – развивает ИКТ-компетенции. Оба варианта можно соединить в одном продукте, если на бумажной папке разместить QR-код, позволяющий получить дополнительную информацию в аудио или видео-формате, пройти викторину или выполнить тесты.

Подобная деятельность развивает творческие способности детей. Каждый лэпбук уникален, так как ученики по-разному ставят цели, индивидуально выбирают средства для их достижения,

Одним из проектных продуктов учащихся начальной школы могут также стать электронные книги, для создания которых используется программа iSpring Suite. Данная программа предназначена для структурирования учебных материалов, перевода их в цифровой формат, создания тестовых заданий, презентаций, медиафайлов. Она удобна в использовании, работает в интерфейсе Microsoft PowerPoint.

«Книга» полезна в тех случаях, когда необходимо разместить на слайде презентации расширенные информационные блоки, красиво и лаконично оформленные. Редактор позволяет оформить дизайн обложки, шрифты, иллюстрации книги. Также можно выбрать режимы просмотра и листания страниц [4].

Учащиеся самостоятельно придумывают названия книги, оформляют страницу содержания, тем самым определяя, какие аспекты темы они раскроют в своем проектом продукте.

Работа над книгой позволяет развивать умение перехода от частного к общему и наоборот, позволяет применять освоенные ранее способы действий в нестандартных ситуациях.

Создание электронных книг является средством достижения личностных, метапредметных и предметных результатов. Применение данного инструмента позволяет обеспечить положительную мотивацию обучения, высокий эмоциональный уровень урока, повысить эффективность урока, формировать навыки исследовательской деятельности.

### **Заключение**

Проектная деятельность с использованием ИКТ-технологий помогает в решении важной педагогической задачи – заинтересовать ученика, ликвидировать его интеллектуальную пассивность. Работа над проектами развивает логическое мышление, учит отделять главное от второстепенного, структурировать информацию, анализировать, формирует творческие способности, повышает уровень ИКТ-компетентности учащихся. Технологии расширяют возможности индивидуализации учебной деятельности, позволяют осваивать новые способы и методы получения знаний.

### **Список литературы**

1. Приказ Министерства просвещения РФ от 31 мая 2021 г. № 286 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта начального общего образования» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/400807193/>
2. Проектная деятельность в начальной школе. Курс «Технология» [Электронный ресурс] : презентация. – Режим доступа : <a10be0861517e62c18c8c360bfe28e01.pdf>
3. Лазарев, В. С. Проектная деятельность в школе: неиспользуемые возможности / В.С. Лазарев // Вопросы образования. – 2015. – № 3. – С. 292-307.
4. Куренкова, Д. К. Создание электронных книг на уроках окружающего мира в начальной школе / Д. К. Куренкова // Информационные технологии для Новой школы. Мат-лы VIII Всероссийской конференции с международным участием. Том 2. – СПб.: ГБУ ДПО «Санкт-Петербургский центр оценки качества образования и информационных технологий», 2017. – С. 67-69.

# **Применение проектной технологии обучения на основе ИКТ при изучении социально-гуманитарных дисциплин**

Е. Ф. Гребенюк, email: lana-grebenjuk@mail.ru

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение  
«Лицей №15»

***Аннотация.** В работе рассматривается эффективность применения проектной технологии обучения на основе ИКТ при изучении социально-гуманитарных дисциплин.*

***Ключевые слова:** Технология проектного обучения, проектное мышление, метод проектов, социально-гуманитарные науки, метод «Диаграмма связей».*

## **Введение**

Проектные технологии в современном образовании являются приоритетными направлениями определенной деятельности. Необходимо помнить, что проект может стать первым шагом в становлении нового вида деятельности, востребованной обществом, с учётом её основных функций. В свою очередь, осуществление проектной деятельности в образовательном процессе показывает её эффективность в случае широкого использования ИКТ, что позволяет задействовать видеоинформацию, компьютерные игры, компакт-диски, интерактивные технологии, увеличить объем информации, и тем самым улучшить качество изучения различных школьных предметов.

### **1. Применение проектной технологии обучения на основе ИКТ при изучении социально-гуманитарных дисциплин.**

Информационные технологии в образовании в наше время являются неотъемлемым условием перехода российского общества к информационной цивилизации. Определяя основные тенденции в развитии современного образования, следует подчеркнуть особую роль информатизации и гуманитаризации образовательного процесса. Использование ИКТ на уроках социально-гуманитарных дисциплин демонстрирует интеграцию различных учебных предметов, помогает школьникам в формировании новых компетенций, способствует коммуникации между обучающимися.

В современных условиях обучения, а именно в условиях реализации ФГОС третьего поколения, проектная деятельность является

одним из наиболее эффективных дидактических средств активизации познавательного и творческого развития обучающихся.

Требования Федерального государственного образовательного стандарта к организации проектной деятельности в школе на ступени среднего общего образования стали обязательным условием для выпускников.

В связи с этим, в современной школе есть все возможности для развития проектного мышления. Метод проектов позволяет осуществлять поиск, обработку, критическое осмысление, систематизацию, презентацию и оценку полученных результатов. При использовании проектной технологии каждый ученик: учится приобретать знания самостоятельно и использовать их для решения новых познавательных и практических задач; получает коммуникативные навыки и умения; овладевает практическими умениями исследовательской работы. Как известно, результатом любого проекта выступает конкретный продукт, который может быть представлен при помощи ИКТ.

Хотелось бы привести несколько примеров применения проектной технологии обучения на основе ИКТ из опыта работы. Так, на уроках по финансовой грамотности использование проекта «Онлайн-уроков по финансовой грамотности для школьников», основанном на включении видеоматериалов, метода игрового обучения в образовательный процесс, является педагогически обоснованным и методически грамотным, способствует повышению эффективности формирования финансовой грамотности учеников [1-3]. Кроме этого, успешным является применение метода «Диаграмма связей», цель которого заключается в формировании умения схематически изображать связи между характеристиками явлений, умении принимать определенные решения в конкретных ситуациях и прогнозировать возможный результат. Учащимся предлагается просмотр видеоматериала, фиксируется главный вопрос или проблема, с которой столкнулись герои видеосюжета. Задача состоит в построении «Диаграммы связей», используя компьютерные технологии, где ответ на главный вопрос или решение проблемы каждым из участников будет носить уникальный характер. Полученный результат, созданная «диаграмма связей», визуально демонстрирует решение главного вопроса и представляет продукт проектной деятельности.

Эта деятельность очень увлекательна для школьников, высоко мотивирует и развивает творческий потенциал.

Еще одним примером использования проектной технологии обучения на основе ИКТ может служить опыт участия обучающихся

нашей школы в совместном с Воронежской областной универсальной научной библиотекой имени И. С. Никитина социальном проекте «Как я стал собой», полученный в рамках изучения школьного предмета обществознание.

Идея проекта заключалась в создании пространства для диалога между старшеклассниками и креативными профессионалами города Воронежа.

Цель проекта: расширение представлений о возможностях самообразования и применение на практике полученных навыков путём личного знакомства и диалога с успешными людьми региона.

На первой встрече организаторов проекта с ребятами было предложено старшеклассникам выразить свои мысли путем ответов на конкретные вопросы:

- Какие специалисты будут востребованы?
- Как можно реализовать свои таланты?
- Какие новые профессии появятся?
- О чём я мечтаю?
- Кем я вижу себя в будущем?

Вся информация о проекте в ходе его реализации распространялась через группу проекта во Вконтакте, а также на сайте Воронежской областной универсальной научной библиотеки имени И. С. Никитина <https://vrnlib.ru/> (разделы «Проекты», «Афиша», «Новости библиотеки»). Партнёры проекта, известные и популярные в Воронеже блогеры, размещали информацию о проекте в сториз и проводили трансляции событий проекта.

В дальнейшем были запланированы четыре встречи с молодыми успешными предпринимателями города, хорошо известными воронежской молодежи. В результате участники проекта отметили у себя повышение мотивации к самообразованию и общему личностному развитию, а также осознанному выбору профессионального пути, расширение представлений о возможностях профессионального и творческого выражения в современных условиях и возможностях монетизации своих навыков на рынке труда. Все эти мысли были выражены ребятами в сочинениях эссе и выложены в группу проекта во Вконтакте.

### **Заключение**

В заключение хотелось бы отметить, что применение проектной технологии обучения дает возможность вовлечь каждого ученика в активный познавательный, творческий процесс; научить представлять свое творческое видение, отстаивать свои взгляды на выбор методов и материалов, необходимых для осуществления своих творческих



замыслов; сформировать универсальные учебные действия; воспитывать взаимодействие при совместной работе, научить ориентироваться в мире информации. В свою очередь, применение информационно-коммуникативных технологий способно стимулировать познавательный интерес, создавать творческую атмосферу в обучении и стать эффективным инструментом в руках учителя и обучающегося.

### **Список литературы**

1. Чернобабова, К. В. Информационно-коммуникационные технологии в проектной деятельности учащихся. / К.В. Чернобабова // Сибирский педагогический журнал. – 2008. – № 1. – С. 361-370.

2. Тюменцева, О. Н. Информационные технологии в сфере финансовой грамотности [Электронный ресурс] // Мультиурок. Режим доступа: <https://multiurok.ru/files/informatsionnye-tekhnologii-v-sfere-finansovoi-gra.html> (дата обращения: 10.01.2023)

3. Проект «Онлайн-уроки по финансовой грамотности для школьников» [Электронный ресурс] // Онлайн-уроки финансовой грамотности. Режим доступа: <https://dni-fg.ru/> (дата обращения: 10.01.2023)

# Создание виртуальных книжных полок для работы над содержанием прочитанного

И. А. Орешкина, email: irina-oreshkina@mail.ru

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение  
«Лицей №15» г. Воронежа

**Аннотация.** *В данной работе приводятся конкретные примеры применения виртуальных книжных полок для совместного использования обучающимися на уроках литературы*

**Ключевые слова:** *Интерактивный плакат, организация самостоятельного чтения, совместная работа, уроки литературы*

## Введение

В настоящее время отмечается катастрофическое падение интереса к чтению классической литературы, потому что подобная деятельность подразумевает не столько получение информации, сколько умение читать как бы между строк, мыслить образами и соотносить осмысленное с собственными чувствами и эмоциями, то есть необходим «диалог с писателем, диалог – соучастие, становящийся своеобразным сотворчеством» [1]. Одной из причин кризиса читательской культуры является «противоречие между новой моделью современного детского и подросткового чтения и традиционным подходом к обучению литературе, ориентированным на старую модель» [2]. Именно поэтому следует создавать иные условия для чтения текстов русской классики и искать новые формы работы с художественным словом в целом, чтобы не только заинтересовать современного читателя и привить интерес к чтению, но и дать возможность учащимся самостоятельно приобретать знания из различных источников и совместно пользоваться ими для решения поставленных учебных и практических задач. В этой связи учителю необходимо организовать площадку для подобной деятельности, что требует определённых усилий и навыков.

## 1. Применение виртуальных книжных полок

На сегодняшний день существует множество сервисов для работы с книгой, однако каждый имеет свои изъяны и ни один из них в полной мере не удовлетворяет возникающим потребностям. Например, для долгосрочных проектов нужны площадки, предполагающие сбор, компактное размещение объёмной информации и дающие возможность

для дистанционного общения между всеми участниками процесса. Организовать взаимодействие учащихся для работы с книгой и её содержанием могут так называемые онлайн - конструкторы интерактивных плакатов (например, ThingLink, Linoit, Sutori, Book Creator, Genial.ly, WriteReader и др.), компактно включающие текстовую информацию, изображения, звук и видео, а конечным продуктом совместной деятельности обучающихся станет виртуальная книжная полка. Каждый из этих онлайн-конструкторов имеет свои плюсы и минусы. Подробнее остановлюсь на одном из них. Так, сервис Genial.ly позволяет загрузить само изображение книг на полке или обложки отдельных книг, а также пригласить по электронной почте других участников проекта. В ходе творческого процесса над плакатом обучающиеся добавляют к нему различные интерактивные метки: ссылки на изучаемые книги, фотографии писателей и изображения литературных героев, видео, включающие краткие сведения о страницах биографии художников слова, а также прикрепляют текстовые сообщения с понравившимися цитатами и пишут собственные отзывы о прочитанном. Плакат может иметь несколько страниц, что позволяет сделать полноценный путеводитель по той или иной книге или изучаемой теме. Особого внимания заслуживает возможность сервиса создавать квизы и викторины с обратной связью, которые также можно включать в содержание плаката. Созданный ресурс встраивается в сайт или блог.

В среднем звене подобным образом организовать работу с художественным словом следует ещё перед началом учебного года во время летнего чтения, когда дети не спеша читают книги из списка, данного учителем, и одновременно изучают возможности сервиса и способы представления информации. На уроках внеклассного чтения, посвящённых самостоятельному прочтению литературных произведений, происходит презентация собственного труда обучающихся и обмен мнениями о прочитанном, корректируются устные ответы. Завершать такие уроки можно онлайн-играми «Найди персонаж» или «Угадай персонаж», созданными в этом же сервисе, что позволит активизировать познавательную деятельность учеников. Таким образом интерактивный плакат является альтернативной формой читательского дневника.

Методику «перевернутый класс» можно использовать при изучении обзорных тем в 11 классе. Например, к уроку «Литература 20-х годов XX века» обучающиеся, отвечая на вопрос: «Можно ли литературу назвать барометром исторической эпохи?», самостоятельно знакомятся со страницами учебника и, работая в группах, собирают информацию о

пролетарских писателях, попутчиках, художниках слова, оказавшихся в эмиграции, их произведениях и совместно оформляют интерактивный плакат. Результаты труда представляются на учебном занятии.

Также в 10 классе на уроках литературы, посвящённых произведениям XIX века и их оценке различными критиками прошлого (Добролюбовым, Писаревым, Чернышевским), можно предложить обучающимся современные толкования русской классики: например, причины трагедии Катерины из драмы А. Н. Островского «Гроза», помимо традиционных толкований, следует рассмотреть и в философско-психологическом, религиозно-философском, историко-культурном контексте, что предлагают сделать критики нашего времени. Таким образом можно обнаружить самые разные точки зрения, что даст возможность обучающимся сформировать собственную позицию, а результаты исследований, значимые цитаты и отсылки к первоисточникам оформить в виде виртуальной книжной полки, к которой всегда можно обратиться при написании сочинения по изучаемому произведению.

При подготовке к итоговому сочинению в 11 классе учащимся необходимо осуществлять кропотливую работу: составлять списки значимых книг по той или иной теме, писать собственные аргументы, выстраивать логические связи между приводимыми доказательствами. Эффективно организовать творческую деятельность обучающихся также позволяет многостраничный интерактивный плакат, каждый раздел которого соотносится с разделами и подразделами закрытого банка тем итогового сочинения. Группами ученики работают над определённой частью общего проекта, самостоятельно давая определения таким нравственным понятиям, как «честь», «свобода», «добро», «семья» и т. д., рассматривая изученные произведения под разными углами зрения, приводя собственные доказательства, подкреплённые отсылками к авторитетному мнению классиков русской литературы. В результате совместных усилий возникает своеобразный диалог между читателем и художником слова, появляются различные мнения, которые впоследствии потребуют обсуждения на очных занятиях. Кроме того, виртуальные книжные полки как конечный продукт проектно-исследовательской деятельности могут пригодиться обучающимся и во время самостоятельной подготовки к олимпиадам и ЕГЭ по литературе.

### **Заключение**

Таким образом, совместная работа учеников над созданием интерактивных плакатов по различным темам позволяет осуществить культурологический подход в изучении литературы благодаря самостоятельному выбору обучающимися музыкального

сопровождения, живописных полотен, видеофильмов, сопровождающих представление книги, так как «многостороннее и целостное отношение к художественному произведению создаётся не только рассмотрением всех уровней текста от стиля до смысла, но включением в интерпретацию разнообразных сфер читательского восприятия» [3]; групповая работа развивает навыки критического мышления, которые «способствуют взаимоуважению партнёров, их пониманию и продуктивному взаимодействию; облегчают осмысление разных «взглядов на мир» [4]. В целом такая организация обучения помогает учителю разнообразить традиционные уроки литературы и поддерживать интерес как к самому предмету, так и к чтению вообще.

### **Список литературы**

1. Тимофеева, В. Г. Вчера и сегодня: К итогам дискуссии о проблемах преподавания литературы / В. Г. Тимофеева // Филологические записки: Вестник литературоведения и языкознания. – Воронеж, 1999. – Вып.12. – С. 222-226.
2. Романичева, Е. С. Чтение в школьном литературном образовании: негативные изменения и возможные пути их преодоления / Е. С. Романичева // Литература в школе. – 2004. – №5. – С.27-29.
3. Маранцман, В. Г. Цели и структура курса литературы в школе / В. Г. Маранцман // Литература в школе. – 2003. – №4. – С.21-24.
4. Грачева, Ж. В. Разум или сердце (о новых методиках преподавания) / Ж. В. Грачева // Филологические записки: Вестник литературоведения и языкознания. – Воронеж, 2010-2011. – Вып. 30. – С. 329-335.

## **Игрофикация обучения иностранному языку как составляющая проектной образовательной технологии**

А. В. Палагутин, e-mail: palagutin55843@gmail.com<sup>1</sup>

М. А. Палагутина, email: marinapalagutina@mail.ru<sup>2</sup>

И. С. Серповская, email: serpovskaya.irina@yandex.ru<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»

<sup>2</sup> МБОУ «Новоусманский лицей»

**Аннотация.** *Статья посвящена изучению вопроса использования актуальных игрофикационных средств обучения или игрофикации образовательного процесса в современных условиях. Игрофикация рассматривается, как метод улучшения процесса формирования языковых навыков. Использование на занятиях интерактивных игр интенсифицирует познавательную деятельность, заинтересовывает обучающихся, что способствует желанию учиться, а преподавателю позволяет дифференцировать, индивидуализировать процесс обучения, формировать у учащихся навыки самоконтроля, адекватной самооценки.*

**Ключевые слова:** *Игрофикация, образование, игрофикационные платформы, инновационное обучение, английский язык.*

### **Введение**

Внедрение игрофикационных технологий в процесс обучения иностранным языкам является мощным креативным средством повышения эффективности и качества образования, позволяющим интенсифицировать и индивидуализировать усвоение учебного материала, побуждающим к рефлексии и организации исследовательской и познавательной деятельности учащихся, способствует комплексному формированию всех аспектов коммуникативной компетенции.

Игрофикация образовательного процесса на основе информационно-компьютерных технологий – не только эффективный инструмент накопления и предъявления информации, но и необходимое условие формирования новых образовательных моделей, которые позволяют оставаться в актуальной зоне научно-технического прогресса и существенно обогащают и разнообразят преподавание иностранных языков, являются мощным средством обучения, контроля и управления учебным процессом.

Задачи игрофикационного обучения:

- повышение мотивационной насыщенности учебного процесса;
- обеспечение условий для творческого освоения различных навыков;
- интеграция различных форм и стратегий, направленных на развитие самостоятельной познавательной активности обучаемых;
- формирование на базе языковых знаний современной информационно-коммуникационной культуры;
- организация познавательной коммуникационной деятельности с носителями языка и членами сетевого сообщества, изучающими иностранный язык.

В процессе преподавания игрофикационные технологии могут использоваться в различных формах: самостоятельное обучение с отсутствием или отрицанием деятельности учителя; использование тренинговых программ; использование диагностических и контролирующих материалов; выполнение самостоятельных творческих заданий; использование игровых, занимательных программ и информационно-справочных программ.

Игрофикация, как главный тренд в образовании открывает новые перспективы для обучения английскому языку, позволяет передавать знания в интерактивной форме, влияет на когнитивное развитие обучающихся, концентрацию внимания, развитие мышления, воображения, совершенствование лексических и грамматических навыков.

### **1. Игрофикационные методы обучения иностранному языку**

Игрофикационный метод – это универсальное средство обучения иностранному языку, эффективность которого зависит от качества и планомерности использования разнообразных мультимедийных технологий. Подобные дидактические игры позволяют организовывать интерактивное взаимодействие учащихся с информационно-образовательной средой, погружаться в виртуальный мир игры, который для них является уже знакомым и известным, а также одновременно закреплять изучаемые языковые явления.

Изучение английского языка можно облегчить и сделать наиболее увлекательным с помощью мобильных приложений – это отличный способ практиковать английский язык. Например, для отработки правил грамматики используется Grammar Up, приложение, позволяющее проконтролировать знания по определенным темам. Best Colleges Online предлагает список из 16 приложений для студентов, изучающих английский язык, от базовых инструкций по написанию букв до

руководств по произношению, кроме того можно играть в классические игры, такие как Scrabble и Boggle, на мобильных устройствах. Очень широко используется платформа My Grammar Lab. Она насчитывает большое количество учебных ресурсов, упражнений и дополнительного материала для изучения иностранных языков. Также отметим, что эта платформа имеет мгновенное автоматическое оценивание результатов заданий, что является очень полезным и целесообразным в случае самообразования.

Платформа Lingua Attack, которая была создана как инновационный языковой онлайн-ресурс для самостоятельного изучения иностранного языка. Платформа имеет 26 языков интерфейса и 6 основных языков для изучения (английский, испанский, французский, немецкий, португальский, китайский).

Эта платформа существует в браузерном варианте и мобильном приложении.

Есть много ресурсов, которые повышают степень усвоения базовых речевых структур и коммуникативных стратегий при изучении иностранного языка:

- Quizlet – это онлайн-инструмент для обучения, который позволяет создавать карточки, короткие тесты и викторины по орфографии, превращает обучение в увлекательное занятие, помогает учащимся практиковаться и проверять свой словарный запас. Memrise - для собственных курсов мультимедийных карточек.

- Kahoot – это бесплатная обучающая платформа, основанная на играх, которая делает обучение интересным. С Kahoot вы можете создавать свои собственные викторины и анализировать результаты.

- Quizziz позволяет создавать е викторины в кратчайшие сроки.

- Веб-квесты – это увлекательный способ для студентов продемонстрировать уровень владения иностранным языком для выполнения проблемного задания.

- ClassMarker - безопасная, профессиональная веб-служба тестирования, это простой в использовании, настраиваемый онлайн-конструктор тестов для бизнеса, обучения и оценки образования.

- Google Forms, Microsoft Forms – для создания тестов и викторин, на которые учащиеся могут отвечать в браузерах своих телефонов, и вы увидите все результаты в электронной таблице.

- Your StocK Music Player - музыкальный проигрыватель для прослушивания и контроля понимания аудирования.

- Collage Maker App - приложение для создания коллажей и описания изображений



– GoConqr – это персональная учебная среда, которая позволяет учащимся и преподавателям создавать, находить и обмениваться учебными ресурсами.

– WordSalad – это приложение для создания «облаков слов» из предоставленного текста, что позволяет настраивать облака слов, изменяя цвета, шрифты и ориентацию слов. Это еще один творческий способ преподавания английского языка с помощью технологий – использование облаков слов для увеличения словарного запаса.

– Quill помогает перейти от фрагментированных и повторяющихся предложений к сложным и хорошо структурированным предложениям с помощью Quill Connect. Используя доказательную стратегию объединения предложений, несколько идей соединяются в одно предложение.

– Crossword Labs – сайт для создания собственных кроссвордов.

– Plickers – это инструмент, который позволяет преподавателям собирать данные формирующего оценивания в режиме реального времени без необходимости использования устройств учащихся.

– Story Bird используется для создания книг, Pixtoon – для создания комиксов и раскадровок.

– PowToon – анимированные поясняющие видео; GetPowToon – анимированные презентации.

– My Free Bingo Cards – генератор карточек для бинго, все карты бинго можно настроить, изменив название, слова и даже цвет и фон.

– Duolingo for Schools предлагает самую популярную платформу для изучения языков.

– Quik создает видеоролики всего за несколько нажатий.

– Edmodo – это глобальная образовательная сеть, которая помогает всем учащимся найти людей и ресурсы, необходимые для полного раскрытия их потенциала. Padlet – вы можете создавать красивые доски, документы и веб-страницы, которые легко читать и в которые интересно вносить свой вклад. Voki – это инструмент, который учащиеся могут использовать для выполнения домашних, классных или проектов. С Mentimeter вы можете участвовать в презентациях со своих смартфонов и показывать результаты в прямом эфире. Добавляя опросы, облака слов, вопросы и ответы, слайды и многое другое в свои презентации, можно создать дополнительные интерактивные возможности для всей аудитории.

Существует множество приложений для общения в чате, которые используются для обучения иностранному языку, например, приложение Fake Chat Conversations может быть очень полезным, если вы хотите убедиться, что учащиеся поняли тему

Одним из способов аутентичного усвоения информации являются цифровые экскурсии, которые предоставляют возможность увеличить словарный запас во время веселых виртуальных путешествий, побывать в известных музеях и театрах мира, узнать о правительстве на таких сайтах, как Inside the White House и т.д.

Альтернативным вариантом интернет-платформ являются отдельные игры, а не платформы в целом, которые используются для подготовки к итоговой аттестации или повторения изученного материала.

Уسوенный с помощью видеоигр материал – более структурированный и запоминающийся [1].

Подытоживая, отметим, что образовательный ландшафт демонстрирует быстрые изменения, направленные на использование социальных медиа и мобильных технологий для обучающихся.

## **2. Компьютерные игры в контексте воспитания, обучения и образования**

Студенты могут овладеть правописанием, грамматикой и другими навыками английского языка, играя в компьютерные игры. По мнению ученых Л. Окагаки, С. Шел, С. Гринфильд компьютерные игры оказывают влияние на пространственные функции. Результаты исследований Гринфильда говорят о том, что зрительное внимание у тех, кто играет в компьютерные игры, распределяется более расчётливо [2].

Изучая развивающий потенциал видеоигр на материале своих исследований, А.Г. Шмелев утверждает: «...играя на компьютере ребенок...активно взаимодействует пусть с искусственным, но все же взаимодействует с каким-то миром. При этом он учится не только быстро нажимать на клавиши, но и строить в своей голове образно-концептуальные модели, без которых нельзя добиться успеха в современных компьютерных играх... и в этом проявляется их развивающий потенциал, особенно это касается интеллекта». Он указывает и на возможную опасность, связанную с ранним приобщением к компьютерной игре: «...условность мира игр (как, впрочем, и мира «мультиков») требует чрезвычайного ограничения в доступе к ним дошкольника, пока не сформируется образ реального мира, как основа здравого смысла» [3].

Оптимизация соотношений различных форм компьютерного обучения связано с использованием компьютерной игровой среды. Она дает ребенку большое «поле самостоятельности. Компьютерные игры как средство обучения помогают распределить материал от более простого к более сложному для каждого конкретного обучающегося, а

также разрабатывают объективную систему поощрения. Необходимо отметить, что компьютерные игры практически полностью устраняют ситуации неуспеха обучающихся.

Существует несколько причин, объясняющих, почему игры полезны для развития языковых навыков и умений. Успешное прохождение этапа игры мотивирует к последующему выполнению, а, следовательно, к изучению английского языка, игры учат новой лексике, в отличие от фильмов и сериалов, предоставляют возможность взаимодействовать, давать ответную реакцию, поэтому разное произношение, акцент, стиль речи, все наиболее приближено к реальной речи англоговорящих [4].

Использование компьютерных игр в качестве средства обучения и развития – это мощный инструмент повышения качества образования, путем разнообразия технологий и эффективности контроля.

### **3. Методологическая классификация компьютерных игр**

В настоящее время существуют обучающие компьютерные игры по всем предметам, в том числе и по иностранному языку. Методическая классификация выявляет специфику языковых компьютерных игр и разделяет их по характеру взаимодействия, локализации мотивирующих факторов, количеству участников. К основным группам относят динамические игры, в которых требуется максимальная скорость реакции и точность, но присутствует минимум интеллектуальных задач. Ко второй основной группе относят игры планирования, в которых нужно думать о развитии и давать оценку ситуации. К третьей относят сюжетные игры. Чтобы совершенствовать язык, подойдет практически любая игра, где много сопровождающего текста и говорливые персонажи [5].

Квесты Point-and-click - игры на поиск предметов и взаимодействие с ними. Они отличаются простыми сюжетами в фантастических сеттингах и несложными заданиями, позволяющими изучать лексику на конкретных примерах; ролевые игры, где исследуется окружающий мир, присутствует постоянное общение с персонажами, вследствие чего, автоматически прокачивается навык чтения и восприятия на слух; онлайн-игры, в которых вы находитесь в одном мире с множеством реальных игроков.

Условно выделяется две группы игр, способствующие изучению иностранного языка:

– Онлайн игры, для прохождения которых необходимо общение с другими игроками. Такие игры получают распространение на разных уровнях обучения – от общеобразовательной школы до дополнительного профессионального образования. Они позволяют иллюстрировать и

дополнять информацию из лекций, книг, других источников, помогают учащимся получить опыт применения умений в игровой обстановке, состязаться и побеждать «силой интеллекта», умением сотрудничать и объединять усилия. Под первый тип подходят игры с совместным прохождением, они создают дополнительные стимулы для общения. В отличие от практики с языковыми партнерами, онлайн репетиторства и языкового обмена, – в играх всегда есть тема для разговора и довольно часто появляется необходимость передать критическую для победы информацию, что делает онлайн игры отличным инструментом для изучения языка.

– Одиночные игры, в них можно играть с интересом только при знании языка.

Эти характеристики выявляют функциональную сопоставимость языковых упражнений, используемых в обучении иностранным языкам [5].

#### **4. Возрастные особенности обучающихся**

Кроме того, необходимо отметить, что игры должны соответствовать возрастному цензу. Необходимо выявить психологические особенности школьников, которые пользуются компьютерными играми в своей повседневной жизни.

Л. С. Выгодский писал, что «возраст является определенно замкнутым циклом детского развития, который имеет свою динамику и структуру» [6].

Обучающиеся в подростковом возрасте становятся ориентированы на своё хобби, которое может приобрести характер настоящей страсти, кроме того, формируются неформальные группы, успеваемость во многих случаях снижается. Компьютерная игра, правильно выбранная, может помочь ребёнку выйти из стрессовой ситуации, но необходимо соблюдать временной лимит [7]. При правильной организации игры подростка, компьютерная игра приносит пользу. При бесконтрольном процессе – игра на компьютере оказывает отрицательное влияние. У взрослых, учителей, родителей, отношение к компьютерным играм определилось: это явление имеет свои положительные и отрицательные стороны, поэтому необходимо сделать их полезными и безопасными.

Использование компьютерных игр является целесообразным по следующим причинам: расширяет диапазон усвоения лексических единиц, позволяет использовать опору на инструментальную мотивацию для повышения яркости и силы формирующих образов слов, дает возможность соответственно регулировать временной режим выполнения упражнений.

Многие педагоги замечают изменения у школьников, играющих в компьютерные игры на английском языке: обучающиеся реже сталкиваются с проблемой языкового барьера; вступают в дискуссию; у обучающихся развивается языковая догадка.

Психологические особенности подросткового возраста способствуют быстрому вовлечению детей в компьютерные игры. Введение компьютерных игр в процесс обучения является целесообразным. При правильной организации учебного процесса, игра оказывает положительные эффекты – развитие памяти, логического мышления, освоение обучающих программ. Выбираемые для учебного процесса игры должны соответствовать возрастному цензу, установленному на эту игру. Главной сложностью при включении компьютерных игр является фактор времени и оснащения. При выборе игры часто важное место занимают и используемые при ее разработке технологии, поскольку они требуют определённых программ и технических ресурсов. Компьютерные игры не могут заменить классическое изучение английского с преподавателем, это дополнительный инструмент, который повышает мотивацию и делает обучение разнообразнее.

### **Заключение**

Говоря о преимуществах работы учеников с компьютером, следует еще раз назвать его бесспорные достоинства: возможность реализации принципа индивидуальности, наличие моментальной обратной связи, большие возможности наглядного предъявления языкового материала, объективная оценка результатов действий, активность обучаемого, обусловленная интерактивной формой работы с учебным материалом. Ученик не отвлекается от содержания действий по решению поставленных задач, и имеет возможность развернутого контроля собственных достижений. Кроме того, учащиеся оказываются в условиях большего эмоционального комфорта, поскольку нет отрицательного эмоционального воздействия со стороны преподавателя или одноклассников. Это позволяет проводить занятия более эффективно, организовав режим активной коммуникации – полноценного человеческого общения, где средствами общения становится иностранный язык и культура страны изучаемого языка. Эта возможность обеспечивается тем, что овладение средствами языка в режиме тренинга осуществляется учениками самостоятельно, что предполагает сознательное отношение к процессу учения, когда подготовка овладения языковыми навыками нацелена на решение конкретных задач (коммуникативных и вербальных). Таким образом, внедрение компьютерных игровых технологий создает предпосылки для

интенсификации образовательного процесса, способствуют раскрытию и совершенствованию личностных качеств обучающихся.

Компьютерные технологии дают самые широкие возможности для развития творческого потенциала школьников: подросток учится находить и обрабатывать нужную информацию, при помощи компьютерных версий словарей имеет возможность прослушать правильное произношение, увидеть зрительный образ слова при помощи картинки или видео. Компьютерные обучающие программы и игры существенно обогащают учебный процесс и позволяют реализовывать новые подходы к обучению, наиболее продуктивные и менее утомительные. Игрофикация учебного процесса является активным элементом организации обучения иностранным языкам при работе с одарёнными детьми, не подлежит сомнению также позитивное влияние различных форм синхронной и асинхронной Интернет - коммуникации (электронной почты, чата, форумов, веб-конференций) на формирование иноязычной коммуникативной компетенции обучающихся. Интернет - ресурсы являются бесценной базой для создания информационно-предметной среды, образования и самообразования и должны быть направлены на комплексное формирование и развитие:

- Аспектов иноязычной коммуникативной компетенции во всем многообразии ее компонентов (лингвистического, социолингвистического, социокультурного, стратегического, дискурсивного, учебно-познавательного);

- Коммуникативно-когнитивных умений осуществлять поиск и отбор, производить обобщение, классификацию, анализ и синтез полученной информации, представлять и обсуждать результаты;

- Умений использовать Интернет-ресурсы для самообразования с целью знакомства с культурно-историческим наследием различных стран и народов, а также выступать в качестве представителя родной культуры, для удовлетворения своих информационных и образовательных интересов и потребностей.

Анализируя применение игровых ИКТ - технологий в учебно-воспитательном процессе можно сделать вывод:

- формируется познавательный интерес учащихся, создаётся целостная научная картина мира, расширяется сфера получаемой информации;

- развивается речь, формируются умения учащихся сравнивать, обобщать, делать выводы;

- материал таких уроков интересен и нестандартен, что приводит к более глубокому и прочному усвоению знаний, умений и навыков,

способствует воспитанию эрудированного школьника. В отличие от традиционных методик, при использовании игрофикационных форм обучения ученик сам становится главной действующей фигурой и сам открывает путь к усвоению знаний. Это побуждает к активному познанию окружающей действительности, к осмыслению и нахождению причинно-следственных связей, к развитию логики, мышления, коммуникативных способностей, воображения, внимания, речи и памяти.

### Список литературы

1. Олейник, Ю. П. Игрофикация в образовании: к вопросу об определении понятия [Электронный ресурс] // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 3. URL: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=20103> (дата обращения: 20.03.2021)
2. Greenfield, S. Journey to the Centers of the Mind: Toward a Science of Consciousness / S. Greenfield. – San Francisco: W.H. Freeman, 1995. – 1236р.
3. Фомичева, Ю. В. Психологические корреляты увлеченности компьютерными играми / Ю.В. Фомичева, А. Г. Шмелев, И. В. Бурмистров // Вестник МГУ. Психология. – 2010. – №3. – С. 38 – 41.
4. Кларин, М. В. Игровые обучающие технологии: в школе, на работе, в армии / М. В. Кларин // Народное образование. – 2016. – №4/5. – С.189 – 200.
5. Классификация жанров компьютерных игр [Электронный ресурс] // Game is Art: сайт. – Режим доступа: <http://gamesisart.ru/janr.html>
6. Выготский, Л. С. Педагогическая психология / Л. С. Выготский. – Москва: АСТ, Астрель, Люкс, 2005. – 671с.
7. Викентьева, А. Б. Компьютер как диагноз / А. Б. Викентьева // Культура. – 2000. – №13. – С. 8 – 10.

# Развитие функциональной грамотности обучающихся на уроках математики через применение ИКТ

М. Е. Старикова, email: starik-marina@yandex.ru

МБОУ СОШ с УИОП №8 г. Воронеж

**Аннотация.** В данной работе рассматриваются качества, формируемые при использовании технологии проектного обучения на уроках информатики.

**Ключевые слова:** Функциональная грамотность, математическая грамотность, график функции.

## Введение

Введение в российских школах Федеральных государственных образовательных стандартов начального общего образования, основного общего образования, среднего общего образования определяет актуальность понятия «функциональная грамотность». Одной из оставляющей функциональной грамотности – это математическая грамотность учащихся. Формирование функциональной грамотности школьников на уроках математики возможно через решение задач с использованием ИКТ.

## 1. Развитие функциональной грамотности обучающихся на уроках математики через применение ИКТ

У большого количества учащихся в курсе математики вызывают сложности задания по теме «Свойства и графики функций», связанные с построением и анализом графиков функций. Использование компьютера позволит проиллюстрировать решение таких заданий. Для визуализации решения задачи можно взять, например, любой редактор электронных таблиц. Из опыта работы могу отметить, что такой способ является более наглядным и понятным для учащихся, позволяет провести исследовательскую работу. И даже функции, содержащие модуль аргумента, становятся для учащихся доступными.

Рассмотрим решение заданий по теме «Свойства и графики функций» с использованием редактора электронных таблиц MS Excel.

Задание 1. Постройте график функции  $y = |x^2 - 16|$ . Какое наибольшее число общих точек может иметь график данной функции с прямой, параллельной оси абсцисс?



Решение. В MS Excel построим таблицу значений и график заданной функции (рис.1).

Наглядно видно, что график данной функции может иметь с прямой, параллельной оси абсцисс, нуль, две, три или четыре общие точки.

Ответ: 4.

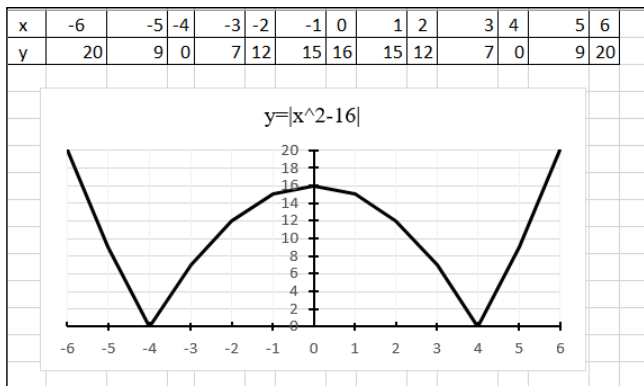


Рис. 1. График функции  $y = |x^2 - 16|$

Задание 2. Постройте график функции  $y = |x|(x+1) - 5x$ . Определите, при каких значениях  $c$  прямая  $y = c$  имеет с графиком ровно две общие точки.

Решение. При  $x < 0$  графиком функции является часть параболы, ветви которой направлены вниз. При  $x \geq 0$  графиком функции является часть параболы, ветви которой направлены вверх. Построим эти параболы на соответствующих промежутках. Наглядно видно (рис.2), что прямая  $y = c$  имеет с графиком ровно две общие точки, если она проходит через вершину одной из парабол.

Ответ:  $c = 4$ ,  $c = 9$ .

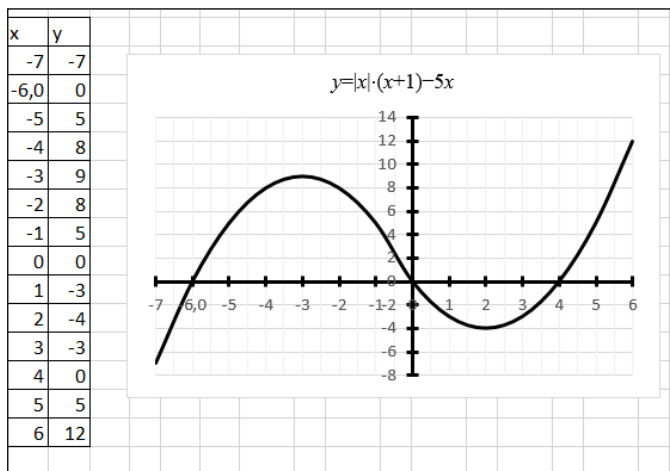


Рис. 2. График функции  $y = |x|(x+1) - 5x$

Задание 3. Постройте график функции  $y = \frac{2|x|-1}{|x|-2x^2}$ . Определите, при каких значениях  $k$  прямая  $y = kx$  не имеет с графиком общих точек.

Решение. Преобразуем выражение:

$$y = \frac{2|x|-1}{|x|-2x^2} = \frac{2|x|-1}{|x|(1-2x^2)} = -\frac{1}{x}$$

при условии, что  $x \neq -\frac{1}{2}$  и  $x \neq \frac{1}{2}$ . Построим график (рис.3).

Прямая  $y = kx$  не имеет с графиком ни одной общей точки, если она совпадает с осью  $Ox$  или если она проходит через точки  $\left(-\frac{1}{2}; -2\right)$  и  $\left(\frac{1}{2}; -2\right)$ . Получаем:  $k = -4$ ;  $k = 0$ ;  $k = 4$ .

Ответ:  $k = -4$ ;  $k = 0$ ;  $k = 4$ .

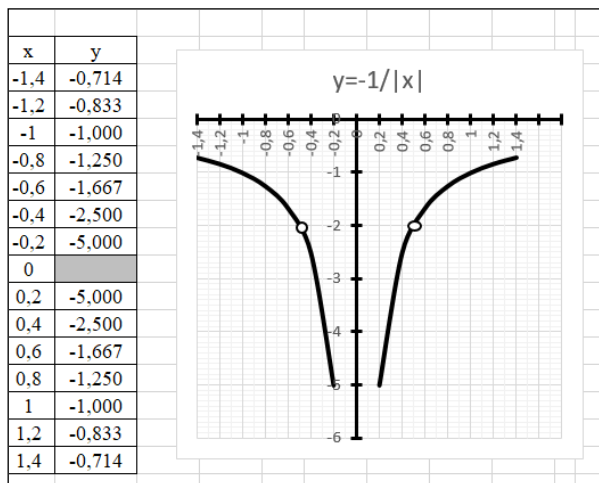


Рис. 3. График функции  $y = \frac{2|x| - 1}{|x| - 2x^2}$

### Заключение

Задачи по формированию математической грамотности обучающихся возможно реализовать при условии оптимального сочетания учебного содержания базового уровня образования курса математики и информатики.

### Список литературы

1. Яндекс Репетитор. ОГЭ. Математика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://yandex.ru/tutor/subject/tag/problems/?ege\\_number\\_id=472&page\\_number=0&tag\\_id=19](https://yandex.ru/tutor/subject/tag/problems/?ege_number_id=472&page_number=0&tag_id=19).

**Секция 4**  
Компьютерное  
моделирование в  
образовании

# Применение компьютерного моделирования при решении задачи целочисленного программирования

Г. Н. Асланова, email: gu\_la\_ga@mail.ru

Дагестанский государственный университет народного хозяйства

**Аннотация.** *Компьютерное моделирование является инструментом экономико-математического моделирования и используется во многих отраслях науки и техники. Немаловажным является применение компьютерного моделирования в экономике, где возможность использования эксперимента сведена к минимуму. В статье рассматривается применение компьютерного моделирования при решении оптимизационной задачи целочисленного программирования.*

**Ключевые слова:** *линейное программирование, целочисленное программирование, оптимизация, табличный процессор, модель, моделирование.*

## Введение

На сегодняшний день существует огромное количество компьютерных, математических, словесных и других моделей практически в любой области экономики. Классическими моделями математической экономики являются следующие: модель Кейнса, модель расширяющейся экономики Д. фон Неймана, модель межотраслевого баланса В. Леонтьева, модель оптимального планирования Л. Канторовича, модель равновесия Вальраса, модель конкурентной экономики Эрроу-Дебре.

Широкое распространение получили следующие модели: задача линейного программирования, транспортная задача, межотраслевой баланс, нахождение критического пути в сети и другие. Данные модели, несмотря на свою относительную простоту, отражают основные особенности исследуемого процесса, а результаты их анализа интерпретируемы. Они широко используются как на практике, так и в теоретических исследованиях. В перечисленных моделях дается определенная исходная информация и решение производится по заданному алгоритму. Поэтому такие модели могут быть использованы для получения механизмов развития сложных процессов и возможных изменений.

## **1. Преимущества компьютерного моделирования**

Можно с уверенностью сказать, что компьютерное моделирование становится новым инструментом, методом научного познания, новой технологией в связи с тем, что возрастает необходимость перехода от исследования относительно простых линейных математических моделей систем к исследованию сложных и нелинейных моделей, анализ которых значительно сложнее [1]. Проще говоря, наши знания об окружающем мире – линейны и детерминированы, в то время как процессы в окружающем мире – нелинейны и стохастичны.

Ценность компьютерного моделирования заключается в том, что оно позволяет построить математическую аналитическую модель, трудоемкую для исследования.

Немаловажным преимуществом компьютерного моделирования является следующее: оно дает возможность учитывать большое количество переменных, предсказывать развитие нелинейных процессов, позволяет определить управляющие воздействия, приводящие к наиболее благоприятному исходу событий.

Одной из главных задач компьютерного моделирования является построение информационной модели объекта. Выбор самой модели является очень сложным процессом [2]. Задачи оптимизации являются одним из самых интересных разделов компьютерного моделирования. Под оптимизацией следует понимать целенаправленную деятельность, заключающуюся в получении наилучших результатов из множества возможных при заданных условиях. Существует целый ряд оптимизационных задач: задача линейного программирования, задача нелинейного программирования, задача целочисленного программирования [3-7].

## **2. Применение компьютерного моделирования при решении оптимизационной задачи целочисленного программирования**

Рассмотрим пример применения компьютерного моделирования при решении оптимизационной задачи целочисленного программирования. Целочисленная линейная модель относится к задаче линейного программирования, в которой хотя бы на одну переменную налагается условие целочисленности.

Некая фабрика игрушек выпускает три вида игрушек: модель 1, модель 2 и модель 3. При сборке каждого вида игрушек используются три типа операции: операция 1, операция 2 и операция 3. Ежедневный фонд рабочего времени на выполнение каждой операции ограничен величинами 490, 500 и 580 минут. Доход на игрушку каждого составляет соответственно 85, 100 и 125 руб. Время выполнения каждой операции в минутах, необходимое для сборки одной игрушки, показано в таблице 1.

Таблица 1

*Время выполнения операций*

Виды операций	Модель 1	Модель 2	Модель 3
Операция 1	2	3	3
Операция 2	3	2	5
Операция 3	4	2	6

В настоящее время ежедневно собирается 50 шт. моделей 1, 100 шт. моделей 2 и 30 шт. моделей 3 при общей доходности 18 тыс. руб. в день. Руководство фабрики решило добавить на этот сборочный участок производство новой игрушки, модель 4, доходность которой прогнозируется на уровне 150 руб. Каждая модель 4 требует 3,4 и 3 минут выполнения операций трех видов. Фонд рабочего времени участка при этом остается неизменным. Надо определить, выгодно ли фабрике начинать производство новых игрушек. Данная задача относится к задаче целочисленного программирования, так как изготавливается целое число игрушек.

Составим математическую модель на основании вышеперечисленных данных. Введем обозначения: обозначим через  $x_1, x_2, x_3, x_4$  количество игрушек каждого типа, производимых за смену. Построим целевую функцию (1), которая определяет общую доходность:

$$Z = 85x_1 + 100x_2 + 125x_3 + 150x_4 \quad (1)$$

Эту функцию необходимо максимизировать. Далее строим ограничения фонда рабочего времени по каждому типу операций:

Ограничение по операции 1:

$$2x_1 + 3x_2 + 3x_3 + 3x_4 \leq 490 \quad (2)$$

Ограничение по операции 2:

$$3x_1 + 2x_2 + 5x_3 + 4x_4 \leq 500 \quad (3)$$

Ограничение по операции 3:

$$4x_1 + 2x_2 + 6x_3 + 3x_4 \leq 580 \quad (4)$$

Также необходимо добавить условие неотрицательности переменных и условие целочисленности:

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, x_3 \geq 0, x_4 \geq 0 \quad (5)$$

$x_1, x_2, x_3, x_4$  являются целыми числами.

Задача (1)-(5) является экономико-математической моделью целочисленной задачи линейного программирования. Найдём решение в табличном процессоре. Введём исходную информацию как показано на рис. 1. Ввод ограничений задачи показан на рис. 2. Решение задачи

(нахождение производственного плана для фабрики игрушек) представлено на рис. 3.

	A	B	C	D	E	F	G	H	
1		производственный план для фабрики игрушек							
2									
3		x1	x2	x3	x4				
4									
5									
6									
7		коэф целевой функции				значение цел фун			
8		85	100	125	150				
9									
10	ограничения								
11	время 1-й операции	2	3	3	3	<=	490		
12	время 2-й операции	3	2	5	4	<=	500		
13	время 3-й операции	4	2	6	3	<=	580		
14									

Рис. 1. Ввод исходных данных модели в табличный процессор

В табл. 2 представлены формулы, используемые в табличной модели.

Таблица 2

Формулы, используемые в табличной модели

Ячейка	Формула
Ячейка F8	=СУММПРОИЗВ(B4:E4;B8:E8)
Ячейка F11	=СУММПРОИЗВ(\$B\$4:\$E\$4;B11:E11)
Ячейка F12	=СУММПРОИЗВ(\$B\$4:\$E\$4;B12:E12)
Ячейка F13	=СУММПРОИЗВ(\$B\$4:\$E\$4;B13:E13)



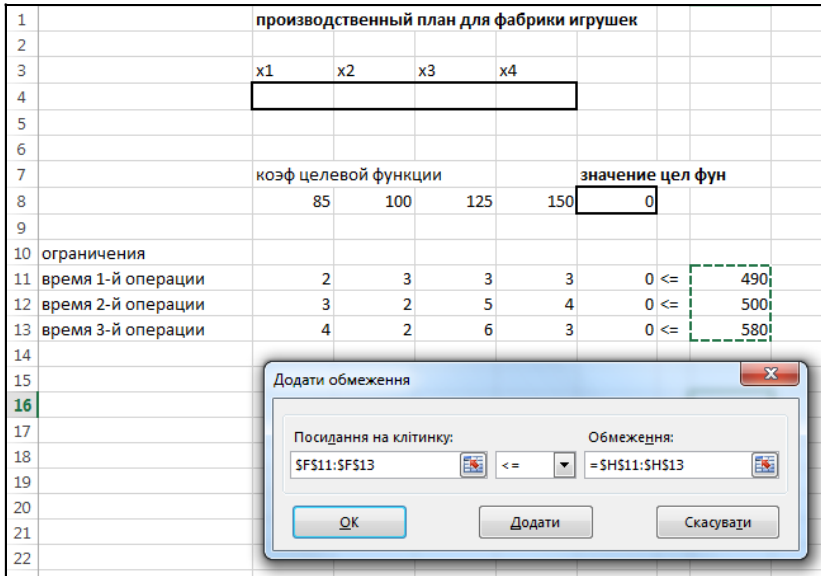


Рис. 2. Ввод ограничений задачи

производственный план для фабрики игрушек						
	x1	x2	x3	x4		
	0	76	0	87		
	коэф целевой функции				значение цел фун	
	85	100	125	150	21139	
	ограничения					
	время 1-й операции	2	3	3	3	489 <= 490
	время 2-й операции	3	2	5	4	500 <= 500
	время 3-й операции	4	2	6	3	0 <= 580

Рис. 3. Решение целочисленной модели

### Заключение

В результате решения задачи целочисленного программирования было определено, что оптимальным будет производство игрушек

второго и четвертого (нового) вида, причем выгоднее производить игрушки нового вида в количестве 87 штук; игрушек второго вида будет производиться 76 штук. Максимальная прибыль при этом будет составлять 21139 руб.

### **Список литературы**

1. Асланова, Г. Н. Компьютерное моделирование как инструмент принятия решений // Международный академический вестник. – 2019. – № 10. – С. 157-159.

2. Асланова, Г. Н. Преимущества и недостатки применения информационных технологий в образовании // Информатика: проблемы, методы, технологии: материалы XX Международной научно-методической конференции (Воронеж, 13-14 февраля 2020 год). – Воронеж, 2020. – С.2033-2038.

3. Афанасьев, М. Ю. Прикладные задачи исследования операций: Учебное пособие / М. Ю. Афанасьев, В. М. Матюшок, К. А. Багриновский. – М.: Инфра-М, 2018. – 672 с.

4. Дубинина, А. Г. Excel для экономистов и менеджеров / А. Г. Дубинина, С. С. Орлова. – СПб.: Питер, 2004. – 295с.

5. Минько, А. А. Принятие решений с помощью Excel/ А. А. Минько. – М.:Эксмо, 2007. – 240 с.

6. Просветов, Г. И. Анализ данных с помощью Excel. Задачи и решения / Г. И. Просветов. – М.: Альфа-пресс, 2013. – 160 с.

7. Черноруцкий, И. Г. Методы оптимизации. Компьютерные технологии / И. Г. Черноруцкий. – СПб.: ВНУ, 2011. – 384 с.

## Компьютерное моделирование в образовательном процессе

М. А. Денисенко, email: denisenko@msu.by

Учреждение образования

«Могилевский государственный университет имени А. А. Кулешова»

**Аннотация.** *Рассматривается роль компьютерного моделирования в формировании компетентности будущих специалистов. Рассматриваются области применения компьютерного моделирования.*

**Ключевые слова:** *Компьютерное моделирование, компетенции, специалист, модель, информационные технологии, компьютерная графика, дисциплина.*

### Введение

Моделирование является одним из наиболее распространенных способов изучения различных процессов и явлений и широко используется в научных исследованиях, инженерной практике, в обучении [1]. Умение создавать и анализировать модель с использованием специализированных программ является неотъемлемым и важнейшим компонентом профессиональной подготовки будущего специалиста: компьютерное моделирование позволяет эффективно изучать и исследовать многие сложные системы [2].

В настоящее время достаточно активно происходит внедрение информационных технологий во все сферы деятельности человека. Таким образом, на рынке труда достаточно востребованы специалисты, которые могут профессионально использовать современные технические средства.

Компьютерная графика, как учебная дисциплина и неотъемлемая составляющая современных информационных технологий, несомненно, выступает в качестве незаменимого и важнейшего компонента современного образования. Обучение указанной дисциплине направлено на подготовку специалиста, который будет востребован в различных областях человеческой деятельности.

При изучении различного рода дисциплин огромное разнообразие сфер применения компьютерного моделирования позволяет получить положительный опыт применения информационных технологий в различных областях. Компьютерное моделирование обеспечивает

развитие межпредметных связей, создает стимул к освоению новых информационных технологий.

### **1. Компьютерное моделирование для педагогических специальностей**

В учреждении образования «Могилевский государственный университет имени А. А. Кулешова» преподавание дисциплин, связанных с компьютерным моделированием, осуществляется на разных специальностях [2].

В результате освоения образовательной программы высшего учебного заведения, как указано в образовательных стандартах, специалист должен обладать рядом компетенций.

В частности, для специальностей «Физика и информатика» и «Математика и информатика» учебными планами предусмотрена дисциплина «Компьютерная графика и мультимедиа», освоение которой предусматривает то, что будущий педагог должен уметь применять методы, способы и средства создания, обработки и хранения информации в области компьютерной графики и мультимедиа с использованием современного прикладного программного обеспечения.

Также учебным планом для специальности «Физика и информатика» предусмотрено изучение дисциплины «Компьютерное моделирование физических процессов», освоение которой в свою очередь должно научить применять систему знаний и навыков в области вычислительных методов, компьютерного моделирования и образовательной робототехники.

Вышеуказанные компетенции – это базовая профессиональная и социально-личностная компетенции. Что, собственно, и определяет роль данной дисциплины в профессиональной подготовке будущего специалиста.

Конечно, работая с моделями, сделать какое-либо выдающееся открытие маловероятно. Однако компьютерное моделирование может привлечь внимание к каким-либо сложным физическим явлениям. Также оно является неотъемлемой составляющей экспериментальной обработки различного рода данных. Кроме того, его применение может существенно помочь студентам при изучении физики.

Математическое решение практической задачи приводит к созданию математической модели. С развитием компьютерных технологий математическое моделирование выделилось в самостоятельную и достаточно важную область применения компьютеров. Специфика использования компьютерных моделей по отношению к другим средствам обучения в математике состоит в том, что они обеспечивают предметно-наглядное изображение

рассматриваемых объектов в условии задачи и являются особым средством символизации в научно-теоретическом мышлении. Кроме этого, компьютерная модель является отражением общего в изучаемых объектах [3].

Неоспоримым является и тот факт, что деятельность учителя информатики непрерывно связана с компьютерным моделированием. Компетентность учителя в области компьютерной графики понимается не только как совокупность знаний, умений и навыков в области применения компьютерной графики, но и как способность ориентироваться в современном информационном потоке графической информации, готовность к отбору адекватных программных средств компьютерной графики, к эффективному использованию в педагогической деятельности современных средств компьютерной графики [4].

## **2. Компьютерное моделирование для IT-специальности**

Преподавание дисциплины «Компьютерная инженерная графика» осуществляется для специальности «Программное обеспечение информационных технологий». Освоив указанную дисциплину, студент должен уметь получать, хранить и обрабатывать графическую информацию с помощью программных средств компьютерной графики, ориентированных на современные информационные технологии. Это специализированная компетенция.

Это объясняется тем, что повышение производительности инженерного труда в промышленности, и особенно в научно-производственных объединениях, где сегодня уменьшено финансирование научных разработок, является достаточно актуальным [5]. За счет применения программ САПР может быть достигнуто снижение трудоемкости проектирования, указанные программы автоматизируют повседневную техническую работу, что, соответственно, повышает производительность труда.

Снижение трудоемкости и повышение производительности – не единственные преимущества компьютерного моделирования. Моделирование позволяет установить влияние различного рода параметров на результат. В ходе обычных испытаний без применения компьютерных моделей, не всегда можно четко увидеть конечный результат продукта. Также моделирование является важным компонентом при подаче документов на патент и позволяет точно решить, какой из предложенных концепций пользоваться и какой инновационной идеи придерживаться.

### **3. Компьютерное моделирование в экономике и управленческой деятельности**

В свою очередь, для студентов специальности «Управление информационными ресурсами» ведется преподавание дисциплины «Компьютерная графика». Важность умений и навыков использовать программное обеспечение, позволяющее создавать компьютерные модели, для данной специальности также подтверждается компетенцией, прописанной в учебном плане указанной специальности. Согласно данной компетенции в результате освоения вышеуказанной дисциплины студент должен уметь решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе применения информационно-коммуникационных технологий.

Квалификация специалиста для данной специальности «Менеджер-экономист информационных систем». Очевидно, что от решений менеджера зависит развитие бизнеса, рост прибыли и изменение затрат той или иной компании.

Особенности управленческой деятельности заключаются в необходимости графического представления информации и визуального планирования коммерческих процессов. Неоспорим тот факт, что информация в визуальной форме более наглядна. Любую ситуацию легче осмыслить, используя компьютерную модель, которая позволяет упростить восприятие информации не только самому, но и окружающим.

Кроме того, компьютерные модели могут выступать в качестве базы знаний об экономике, которую в последствии можно использовать для хранения и распространения различного рода экономических данных [2].

### **Заключение**

Таким образом, компьютерное моделирование является одним из важнейших инструментов исследовательской деятельности, одним из эффективных методов познания действительности, одним из мощных аналитических средств. А, следовательно, обучение компьютерному моделированию способствует воспитанию высококвалифицированного специалиста. Специалист, овладевший методами компьютерного моделирования, способен успешно решать поставленные перед ним профессиональные задачи, связанные с выполнением фундаментальных и прикладных работ.

### **Список литературы**

1. Тарасов, В. Н. Роль компьютерного моделирования в формировании компетентности специалиста / В. Н. Тарасов, Е. В.

Бурькова // Вестник ОГУ. Том 2. Естественные и технические науки – 2006. – №1. – С.154

2. Денисенко, М. А. Компьютерное моделирование при формировании компетенций будущего специалиста / М. А. Денисенко // Итоги научных исследований ученых МГУ имени А. А. Кулешова 2021 г. : материалы научно-методической конференции, 27 января–11 февраля 2022 г. / под ред. Н. В. Маковской, Е. К. Сычовой. – Могилев: МГУ имени А. А. Кулешова, 2022. – С. 75–76.

3. Василишина, Н. В. Применение метода компьютерного моделирования в обучении математике / Н. В. Василишина // Вестник Адыгейского государственного университета. – 2016. – №2(178). – С. 62–67.

4. Сакулина, Ю. В. Компьютерная графика как средство формирования профессиональных компетенций / Ю. В. Сакулина, И. В. Рожина // Педагогическое образование в России. – 2012. – № 6. – С. 76-80.

5. Попов, Ф. А. Компьютерное моделирование процессов инженерной деятельности при создании систем промышленной автоматизации / Ф. А. Попов, Л. С. Звольский // Вестник Томского государственного университета. – 2007. – № 300-1. – С. 134-137.

# Виртуальный учебный комплекс радиотехнической системы ближней навигации

А. М. Зимарин, e-mail: zimarinalex@mail.ru

Д. Ю. Курило, Р. А. Дорохов

ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

**Аннотация.** *Рассмотрена задача разработки виртуальной модели системы ближней навигации с использованием средств специального программного обеспечения.*

**Ключевые слова:** *Система ближней навигации, виртуальная модель, образовательный процесс.*

## Введение

С целью повышения эффективности учебного процесса и формирования профессиональных навыков у обучающихся, необходимых для практической эксплуатации изучаемых образцов техники, возникает необходимость использовать в образовательном процессе не только соответствующие образцы техники, но и ее виртуальные интерактивные модели.

### 1. Средства специального программного обеспечения

Реализация таких моделей осуществляется средствами разработки специального программного обеспечения. Для разработки виртуальных моделей, детально отражающих изучаемый образец техники, в данном случае – радиотехническую систему ближней навигации, рассматривается возможность применения профессионального свободного и открытого программного обеспечения для создания трехмерной графики Blender 3D. Для автоматизации процесса обучения, путем создания виртуальной интерактивной обучающей среды, применяется программное обеспечение Unreal Engine, имеющее широкие возможности и большой набор инструментов для разработки.

В качестве ее достоинств, стоит отметить наличие визуальной среды разработки, средств визуального программирования Blueprints, кроссплатформенности и модульной системы компонентов, что достаточно важно при реализации виртуального учебного комплекса радиотехнической системы ближней навигации.



## 2. Создание трехмерного виртуального макета

При формировании виртуальной обучающей среды возникает необходимость разработки места размещения радиотехнической системы ближней навигации и ее компонентов.

В связи с этим, необходимо реализовать трехмерный виртуальный макет, согласно установленным требованиям, и подготовить позицию для размещения радиотехнической системы ближней навигации. В процессе разработки планируется использовать аэродром для дальнейшего размещения других реализуемых средств радиотехнического обеспечения полетов авиации (рис. 1).



Рис. 1. Виртуальный макет аэродрома

В состав радиотехнической системы ближней навигации входит: аппаратная, смонтированная на кузове, установленном на специальной раме с двумя одноосными тележками (рис. 2 и 3). В кузове размещены передающие и приемные устройства, импульсно-навигационная и контрольно-юстировочная аппаратура, аппаратура стабилизации скорости вращения азимутальной антенны и автоматики радиомаяка, индикатор кругового обзора, контрольно-выносной пункт, исполнительный пункт аппаратуры дистанционного управления, антенно-фидерная система, состоящая из четырех всенаправленных антенн, одной вращающейся антенны, антенны контрольно-выносного пункта и системы фидерных соединений [1, 2].



Рис. 2. Радиотехническая система ближней навигации. Вид спереди



Рис. 3. Радиотехническая система ближней навигации. Вид сзади

Реализации также требует главное меню виртуального учебного комплекса, которое должно позволять переключаться между обучением, тренировкой и просмотром техники в свободном режиме, а также иметь в своем составе окно для настройки качества графики под любую ЭВМ (рис. 4) [3, 4].

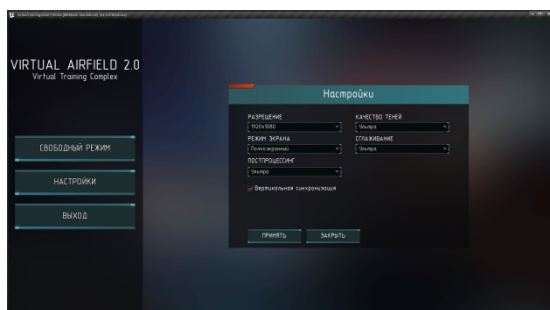


Рис. 4. Главное меню виртуального учебного комплекса. Окно настроек

Для реализации, так называемого, виджета меню, загрузки уровней с обучением, тренировкой и свободным режимом, а так же функционала внутренней аппаратуры требуется работа с набором инструментов визуального программирования Blueprint (рис. 5 и 6).

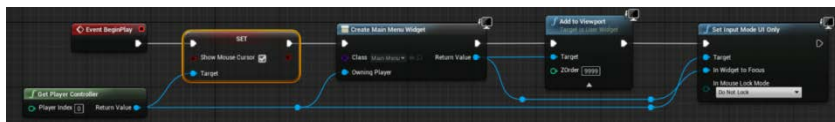


Рис. 5. Реализация виджета меню в Blueprint

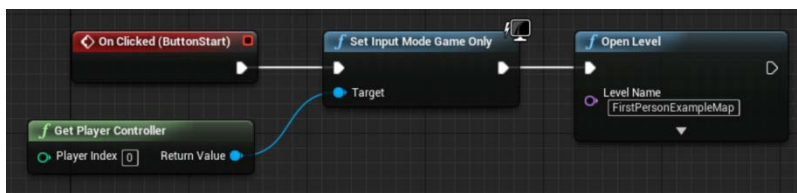


Рис. 6. Реализация загрузки уровней в Blueprint

### Заключение

Таким образом, при реализации виртуального учебного комплекса радиотехнической системы ближней навигации необходимо разработать аэродром, позицию для размещения радиомаяка, функциональные виджеты, а также соответствующие взаимосвязи для отражения функционала аппаратуры.

### Список литературы

1. Бакулев, П. А. Радионавигационные системы : учебник для вузов / Бакулев П. А., Сосновский А. А. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Радиотехника, 2011. – 269 с.
2. Машков, В. Г. Техническое обеспечение и применение радиотехнических средств обеспечения полетов авиации. Эксплуатация РСБН-4Н / В. Г. Машков, Т. И. Назаров // Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2016. – 119 с.
3. Мельников, А. В. Основные принципы автоматизации проектирования обучающей системы / А. В. Мельников // Образовательные технологии. – 2004. – №1. – С. 88-92.
4. Цытович, П. А. Методы использования автоматизированных обучающих систем на базе ЭВМ. Методические указания / П. А. Цытович; М.: Мир, 1979. – 44 с.

## **Порядок распознавания посадочной конфигурации воздушного судна**

А. М. Зимарин, e-mail: zimarinalex@mail.ru

Д. Ю. Курило, Р. А. Дорохов

ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

**Аннотация.** *Рассмотрена частная задача по распознаванию посадочной конфигурации воздушного судна.*

**Ключевые слова:** *воздушное судно, посадка, распознавание образа.*

### **Введение**

Заход на посадку и посадка воздушного судна является очень важным этапом полета, который требует от летчиков большого внимания, концентрации и навыков пилотирования. Для обеспечения безопасного захода на посадку используются средства радиотехнического обеспечения (РТО) полетов. РТО полетов – вид обеспечения полетов государственной авиации. РТО включает комплекс мероприятий, направленных на обеспечение взлета воздушного судна, радионавигации, управления полетами в районе аэродрома и посадки воздушного судна. На командно-диспетчерском пункте (КДП) весь ответственный персонал по своему направлению при помощи средств руководства полетами управляют воздушным движением в районе аэродрома. Руководитель полетов контролирует и дает оценку посадочной конфигурации воздушного судна: выпущены ли шасси и закрылки, или нет. С такой задачей можно справиться при визуальном наблюдении, если позволяют метеоусловия, и при помощи бинокля, если метеоусловия сложные. При этом дистанция, с которой возможно определить посадочную конфигурацию, уменьшается.

Для решения задачи распознавания конфигурации воздушного судна возможно размещение на продолжении оси ВПП оптико-электронного устройства.

### **1. Способы распознавания образов**

Рассмотрим способы распознавания образа. Теория распознавания образа – раздел информатики, включающий в себя методы классификации и идентификации предметов, которые определяются свойствами и признаками. Необходимость в распознавании возникает в

самых разных областях – от военного дела и систем безопасности до оцифровки аналоговых сигналов [1].

Проблема распознавания предметов стала наиболее значимой в условиях информационных перегрузок, когда человек не справляется с пониманием поступающей информации, которой может быть в разы больше, чем человек может воспринять.

Для оптического распознавания образов можно применить метод перебора вида объекта под различными углами, масштабами, смещениями. Для букв нужно перебирать шрифт, свойства шрифта.

Второй метод – найти контур объекта и исследовать его свойства.

Третий метод – использовать искусственные нейронные сети. Этот метод требует большого количества примеров задачи распознавания, либо специальной структуры нейронной сети.

Каждая из областей применения компьютерного зрения связана с рядом задач; более или менее хорошо определённые проблемы измерения или обработки могут быть решены с использованием множества методов [2,3].

Классическая задача в компьютерном зрении, обработке изображений и машинном зрении это определение содержат ли данные некоторый характерный объект, особенность или активность. Эта задача может быть легко решена человеком, но до сих пор не решена в компьютерном зрении.

Данные методы решения задачи эффективны только для отдельных объектов: простые геометрические объекты, человеческие лица, печатные или рукописные символы.

Описано различное множество проблем распознавания:

Распознавание. Один или несколько предварительно заданных или изученных объектов или классов объектов могут быть распознаны, обычно вместе с их двухмерным положением на изображении или трехмерным положением в сцене.

Идентификация. Распознается индивидуальный экземпляр объекта. Это идентификация определённого человеческого лица или отпечатка пальцев.

Обнаружение. Видеоданные проверяются на наличие определённого условия. Например, обнаружение возможных неправильных клеток или тканей в медицинских изображениях.

Существует несколько специализированных задач, основанных на распознавании, например:

– поиск изображений по содержанию: нахождение всех изображений в большом наборе изображений, которые имеют

определённое содержание. Содержание может быть определено различными путями.

– оценка положения: определение положения или ориентации определённого объекта относительно камеры.

– оптическое распознавание знаков: распознавание символов на изображениях печатного или рукописного текста, обычно для перевода в текстовый формат, наиболее удобный для редактирования или индексации (например, ASCII) [4].

Несколько задач, связанных с оценкой движения, в которых последовательность изображений обрабатываются для нахождения оценки скорости каждой точки изображения или 3D сцены.

Алгоритм распознавания изображений принимает изображение в качестве входных данных и выводит то, что содержит изображение. Другими словами, вывод – это метка класса (например, «кошка», «собака», «таблица») [5].

Метод обеспечивает оценку вероятности обнаружения, согласованную с критерием Джонсона через соответствующий нормировочный коэффициент, на основе анализа изображения сцены по формулам:

$$P_{\text{обн}} = 1 - \exp \left[ - \frac{C_1 \left( \frac{K}{1+K} \right)^2 L^{0,3} d_{\text{об}}^3 t_{\text{об}}}{A_{\text{из}}} \right] \quad (1)$$

$$d_{\text{об}} = 2 \sqrt{\frac{A_{\text{об}}}{\pi}} \quad (2)$$

$$K = \frac{|L_{\text{ф}} - L_{\text{об}}|}{L_{\text{ф}} + L_{\text{об}}} \quad (3)$$

где  $C_1$  – постоянный нормировочный коэффициент, определенный как  $0,763 \times 10^6$ ;  $L$  – средняя яркость наблюдаемого объекта в диапазоне градаций 0-255;  $t_{\text{об}}$  – время, отведенное на обнаружение объекта, с;  $A_{\text{из}}$  – площадь анализируемого изображения (всегда кадра видеокамеры), пиксель<sup>2</sup>;  $d_{\text{об}}$  – эквивалентный диаметр объекта, пиксель;  $A_{\text{об}}$  – площадь объекта, пиксель<sup>2</sup>;  $L_{\text{об}}$  – значение яркости объекта, усредненное по всем пикселям объекта и по всем цветовым каналам изображения;  $L_{\text{ф}}$  – значение яркости фона, непосредственно окружающего объект в пределах 50% размера объекта, усредненное по всем пикселям окружающего фона и по цветовым каналам изображения.

При решении частной задачи, например, для изображений зоны маневрирования, учитывается не более 50% анализируемого телевизионного изображения (коэффициент эффективной площади зоны обзора). Оператор (диспетчер) анализирует площадь изображения, ограниченную контурами взлетно-посадочной полосы (ВПП) и рулежной дорожки (РД). Для наиболее сложных условий наблюдения – на больших расстояниях или вблизи торцов ВПП, площадь, ограниченная контурами ВПП и РД, существенно меньше площади кадра, так что коэффициент эффективной площади зоны обзора гарантированно меньше 50%.

Решение об обнаружении объекта оператором принимается на основе вероятности правильного обнаружения:

$$P_{обн} = 1 - \prod_{m,n} (1 - P_{обн_{m,n}}) \quad (4)$$

где  $P_{обн_{m,n}}$  – вероятность правильного обнаружения.

При распознавании возможны ошибки первого рода. Условные вероятности таких ошибок при идентификации определяются соответствующими формулами:

$$P_1 = \int_{x_0}^{\infty} f_2(x) dx \quad (5)$$

$$P_2 = \int_{-\infty}^{x_0} f_1(x) dx \quad (6)$$

Рассмотрим распознавание воздушного судна на примере посадки СУ-30СМ. Изображение, получаемое вследствие поступления на матрицу светового потока, формируется в виде пикселей (рис. 1).



Рис. 1. Изображение посадки СУ-30СМ

При использовании алгоритмов, позволяющих распознавать объекты, устройство производит анализ и сравнение имеющихся в

памяти подобных изображений. Далее, на основании совпадений, устройство определяет тип воздушного судна (рис. 2), а также распознает его посадочную конфигурацию: выпущены ли стойки шасси и закрылки (рис. 3).



Рис. 2. Изображение, имеющееся в памяти устройства о СУ-30СМ

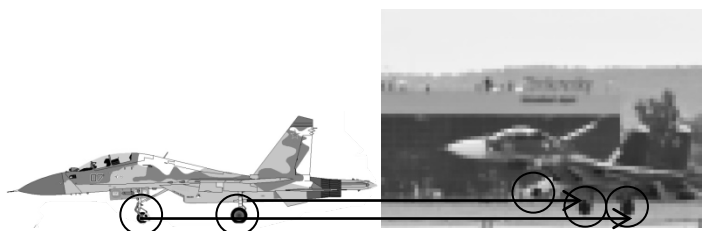


Рис. 3. Распознавание посадочной конфигурации

После распознавания посадочной конфигурации, устройство передает на КДП сигнал о том, что воздушное судно к посадке готово.

### **Заключение**

Сформулирована частная задача по распознаванию посадочной конфигурации воздушного судна.

При размещении на продолжении оси ВПП оптико-электронного устройства, рассмотренные способы распознавания позволяют определить тип воздушного судна (рис. 2), а также распознать его посадочную конфигурацию: выпущены ли стойки шасси и закрылки (рис. 3).

### **Список литературы**

1. Цифровая обработка изображений в информационных системах : Учеб. пособие / И.С. Грузман, В.С. Киричук, В.П. Косых [и др.]; Новосибирск : Новосиб. гос. техн. ун-т, 2000. – 155 с.

2. Гайденов, А. В. Определение характеристик обнаружения и распознавания объектов на изображении / А. В. Гайденов, Ю. Г. Веселов, А. С. Островский // XIII Всероссийская научно-техническая конференция «Научные чтения по авиации, посвященные памяти



Н. Е. Жуковского». Сборник докладов. – М. : Издательский дом Академии Н.Е. Жуковского. – 2016. – С. 371-375.

3. Травникова, Н. П. Эффективность визуального поиска. – М.: Машиностроение, 1985. – 128 с.

4. Фисенко, В. Т. Компьютерная обработка и распознавание изображений / В. Т. Фисенко, Т. Ю. Фисенко; Санкт-Петербург: СПбГУ ИТМО, 2008. – 192 с.

5. Дискретизация изображений в реальных системах с помощью обобщенных функций / В. И. Гужов, И. О. Марченко, Д. С. Хайдуков [и др.] // Автоматика и программная инженерия. – 2016. – № 4 (18). – С. 45-52.

## Компьютерное моделирование на уроках математики

Т. О. Калинина, email: kalinina-t-o@yandex.ru<sup>1</sup>  
С. О. Добрикова, email: dobrikova-s-o@yandex.ru<sup>2</sup>  
Т. В. Вострикова, email: vostrickova.t@yandex.ru<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение лицей № 15 г. Воронеж

<sup>2</sup>Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение средняя общеобразовательная школа № 74 г. Воронеж

**Аннотация.** *В данной работе рассматриваются основные приемы использования компьютерных моделей на уроках математики и во внеурочной деятельности. Подчеркиваются аспекты эффективности применения ИКТ-технологий при объяснении нового материала, проектной работе, отработке навыков построения графиков сложных функций.*

**Ключевые слова:** *Компьютерная модель, построение диаграмм, построение графиков функций*

### Введение

Под математическим моделированием понимают процесс построения и изучения математических моделей реальных ситуаций, процессов и явлений. Иными словами, составить математическую модель задачи – описать с помощью математического языка (понятий и формул). Математика является по сути прикладной наукой. Поэтому практически все естественные и общественные науки используют математический аппарат для замены реального объекта или процесса моделью, после чего изучают ее. Однако, для полноценного описания и, самое главное, для наглядности, изучаемая ситуация, процесс или явление, математическая модель сопровождается компьютерной.

Использование компьютерных моделей на уроках математики:

- обеспечивают возможность использования разнообразных моделей объемных геометрических фигур, что позволяет, например, наглядно демонстрировать построение сечений, визуализацию скрещивающихся прямых, взаимное расположение плоскостей;
- дает возможность многократного использования одной и той же компьютерной модели в разных задачах;
- позволяет оперативно размножить компьютерную модель для индивидуального использования учащимися;

– обеспечивает возможность изменения различных характеристик компьютерной модели объекта.

### **1. Компьютерное моделирование на уроках математики**

Хотелось бы выделить некоторые направления использования компьютерного моделирования на уроках математики:

1. Наглядная демонстрация при введении новых понятий, ассоциативная подача сложного материала, сопровождение различными объектами окружающего мира. Безусловно, проще и нагляднее выглядит объемная компьютерная модель стереометрической фигуры, например, шара, а сопровождение моделью земли с выделением экватора помогают сделать ребятам рисунки в тетради такими же объемными. Такое обучение предполагает, как минимум, создание интерактивной презентации к уроку, поиск соответствующих картинок и видеороликов, либо, если ИК-компетенции педагога позволяют, создание собственных разработок. Это трудоемкий и длительный процесс первое время, зато свои наработки можно применять многократно. Например, пересекаются темы «Фигуры в пространстве, симметричные относительно плоскости» в курсе математики 6 класса учебника [1] и тема «Объемы» в курсе геометрии 11 класса по учебнику [2].

2. Различные вычислительные задачи с последующей проверкой на компьютере. На данном этапе, например, учащимся предлагаются упражнения на нахождение примерных значений квадратного корня, где они сначала в уме или письменно выполняют прикидку и оценку результатов, а затем сверяют полученное решение, поставив компьютерный эксперимент в программе Excel. Для таких занятий необходимо учитывать возрастные особенности учащихся, необходимость оснащения компьютерного класса лицензионным программным обеспечением, а также время, отводимое на работу ребенком за ПК.

3. Сопровождение компьютерной моделью текстовых задач на движение, смеси и сплавы, на работу, задач повышенного уровня сложности. При подготовке к экзаменам нередко учащимся сложно понять смысл прочитанного текста, поэтому компьютерное моделирование описанной ситуации является незаменимым подспорьем. Особенно эффективны динамические модели объектов для задач на движение, например, по круговой трассе. Этот блок является самым сложным для понимания. И составление математической модели (уравнения) значительно облегчает наличие модели компьютерной. Следует также отметить, что задания на высушивание, смешивание растворов, задачи на сложные проценты являются одними из так скажем провальных для среднего ученика, а использование компьютерного

моделирования ситуации позволяет составить общую схему решения и одна и та же модель может быть эффективно использована для целого блока таких задач.

4. Еще одним направлением использования компьютерного моделирования является построение сложных графиков в курсе математики 9 класса углубленного уровня по учебнику [3]. Для проверки, а также для наглядности, хорошо применять ту же программу Excel, либо любое другое приложение для построения графиков. Это позволяет решать больший объем упражнений, упрощает процесс проверки и оценивания для учителя, а детям дает уверенность в своих силах, совершенствование их компетенций.

5. Незаменимо использование графических компьютерных моделей при проектной деятельности. Индивидуальный проект как самостоятельное направление прочно вошел в учебную жизнь современного выпускника. Графическое представление данных исследований, опросов и экспериментов является необходимой составляющей любой работы. Помимо этого, компьютерные модели макро- и микрообъектов сами по себе могут являться предметом исследования. Ведь зачастую бывает так, что школа не имеет достаточного обеспечения для проведения тех или иных экспериментов. И тогда учащиеся используют данные процессов, смоделированных компьютером.

6. Следует отметить использование компьютерных моделей (графиков, диаграмм, схем и таблиц) в составлении отчетной документации педагога-предметника и классного руководителя. Особое положение здесь занимают отчеты и анализы различных проверочных работ, необходимость донести динамику до законных представителей. Помогают нам в этом формулы и функции, диаграммы и графики программы Excel. При грамотном использовании достаточно составить шаблон, который в дальнейшем можно использовать при анализе любых диагностик и тренингов.

В работе [4] показаны такие преимущества компьютерного моделирования на уроках математики как:

- дифференцирование процесса обучения;
- осуществление контроля и самоконтроля учеников в процессе урока;
- возможность обратной связи;
- диагностика ошибок и оценка результатов;
- возможность неоднократного повторения и тренировки в процессе усвоения и закрепления учебного материала;
- визуализация и имитация изучаемых объектов.

Помимо всего перечисленного, бесспорный факт, что применение компьютерного моделирования на уроках математики делает занятие нетрадиционным, ярким, насыщенным, требует пересмотра способов подачи учебного материала, подходов к преподаванию предмета. А соблюдение дидактических принципов [5] при использовании компьютера как инструмента обучения обеспечивает грамотную структуру уроков.

Также следует отметить использование компьютерного моделирования при дистанционном обучении. Основные положения этого сложного процесса описаны в работе [6], здесь такое моделирование просто незаменимо.

### **Заключение**

Использование компьютерного моделирования на уроках математики и во внеурочной деятельности является мощным методом в плане возможности визуализации изучаемых объектов, процессов, описания действий. Дает возможность осуществлять индивидуальный образовательный режим, заменяет многие традиционные средства обучения, позволяет поддерживать интерес к изучаемому предмету, создавать ситуацию успеха. Для учителя это возможность оперативно сочетать разнообразные средства и приемы, экономить время при подготовке к урокам, минимизировать усилия для составления отчетности и анализа работ.

Однако нельзя не отметить, что урок в современном математическом образовании должен быть не только интересен по форме, но и давать максимальный учебный эффект. Поэтому совсем сбрасывать со счетов материальные модели. Так при изучении в 6 классе темы «Обыкновенные дроби» необыкновенный эффект дает булка хлеба, которую учитель приносит на занятие. Разрезая ее на части, педагог вместе с детьми определяет, какая часть съедена, а какая осталась. Кусочек хлеба в качестве поощрения за верный ответ дает поразительный результат. Оттого только грамотное сочетание традиционных и современных средств обучения приведет к успеху.

### **Список литературы**

1. Математика. 6 класс: учебник для общеобразовательных организаций / Никольский С. М. [и др.] / М.: Просвещение, 14 изд. – 2016. – С.180-184.
2. Геометрия. 10-11: учебник для общеобразовательных учреждений: базовый и профильный уровни / Атанасян Л. С. [и др.] / М.: Просвещение, 16 изд. – 2016. – С.157-182.

3. Алгебра. 9 класс. Углубленный уровень: учебник для общеобразовательных организаций / Никольский С. М. [и др.] / М.: Вентана-Граф, 3 изд., дораб. – 2019. – С.37-61.

4. Макарова, Н. В. Моделирование средствами языка программирования как технология системно-деятельностного подхода в обучении / Н. В. Макарова, Ю. Н. Нилова // Пед. образование в России. – 2012. – № 5. – С. 83-87.

5. Могилев, А. В. Дидактические принципы компьютерного обучения / А. В. Могилев, С. А. Титоренко // Педагогическая информатика. – 1993. – № 2. – С. 10-16.

6. Генне, О. В. Дистанционное обучение – новый шаг в развитии системы образований [Текст] / О. В. Генне // Защита информации. Конфидент. – 2004. – № 3. – С. 36-39.

# Модель атрибутированных иерархических графов с портами для визуализации структурированной информации

В. Н. Касьянов, email: kvn@iis.nsk.su<sup>1,2</sup>

Е. В. Касьянова, email: kvn@iis.nsk.su<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Институт систем информатики им. А. П. Ершова СО РАН

<sup>2</sup> Новосибирский государственный университет

**Аннотация.** В данной работе рассматриваются модель атрибутированных иерархических графов с портами для визуализации структурированной информации. Модель позволяет строить наглядные изображения для тех приложений, где объекты, моделируемые вершинами графа, являются сложными и могут содержать по несколько разных логических частей, через которые эти объекты находятся во взаимосвязи, моделируемой ребрами. На базе этой модели в Институте систем информатики им. А.П. Ершова СО РАН ведутся работы по расширению возможностей системы Visual Graph по визуализации структурированных данных большого размера.

**Ключевые слова:** Атрибутированные иерархические графы, визуализация информации, графовые модели, порты, системы визуализации, Visual Graph.

## Введение

Современное информационное общество нельзя представить себе без применения теоретико-графовых методов и алгоритмов. Широкая применимость графов связана с тем, что они являются естественным и наглядным средством объяснения сложных ситуаций на интуитивном уровне. Эти преимущества представления сложных структур и процессов графами становятся еще более ощутимыми при наличии хороших средств их визуализации. Поэтому неслучайно в настоящее время в мире растет интерес к методам и системам визуальной обработки графов и графовых моделей [5, 6, 14, 17], и в настоящее время на рынке широко представлены наукоемкие программные продукты, использующие методы визуализации информации на основе графовых моделей, такие как Cytoscape [7], Higes [18], Gephi [8], Graphviz[9], Tulip [11], yEd [12], Visual Graph [4] и многие другие.

Поскольку информация, которую желательно визуализировать, постоянно увеличивается и усложняется, возникает все больше ситуаций, в которых классические графовые модели перестают быть

адекватными. Требуются и возникают более мощные графовые формализмы для представления информационных моделей, обладающих иерархической структурой [3, 15, 16, 19]. Одним из них являются так называемые иерархические графы [3]. Этот формализм хорошо применим для визуализации сложных структурированных данных большого размера, возникающих в компиляторах и других системах конструирования программ, и позволяет для этих данных строить их наглядные визуальные представления в рамках системы Visual Graph [4].

Во многих приложениях объекты, моделируемые вершинами графа, являются сложными и могут содержать по несколько разных логических частей, через которые эти объекты находятся во взаимосвязи, моделируемой ребрами. Например, в графе авиационных связей страны (или некоторой другой территории) населенные пункты, моделируемые вершинами графа, могут соединяться авиационными рейсами, соединяющими разные аэропорты этих населенных пунктов. А при представлении потока данных между операторами программы в виде так называемого информационного графа у операторов программы, моделируемых вершинами графа, рассматриваются разные их операнды (так называемые информационные входы – разные те места, где данные используются в качестве аргументов операторов, и информационные выходы – разные те места, где данные возникают в качестве результатов операторов), через которые и происходит при исполнении программы обмен данными между операторами (от выходов к входам), и поэтому информационные связи между операторами (вершинами информационного графа) обычно представлены ориентированными ребрами (дугами), которые соединяют соответствующие операнды операторов [2, 6]. При представлении графов с вершинами, моделирующими сложные объекты, в существующих форматах описания графов (см., например, стандартный формат описания графов GraphML [13]) эти разные логические части сложных объектов обычно выражаются с помощью так называемых портов вершин, которые при изображении графа могут представляться разными точками (или разными непересекающимися частями) изображений вершин, в которых соответствующие вершины соединяются с инцидентными им ребрами.

В данной работе рассматриваются модель атрибутированных иерархических графов с портами для визуализации структурированной информации.

## **1. Иерархические графы и графовые модели**

Мы используем без определения ряд стандартных теоретико-графовых обозначений и понятий (см., например, [1]).



Пусть  $G$  – граф некоторого типа, например,  $G$  может быть неориентированным или ориентированным графом. Граф  $G$  определяется двумя конечными множествами  $V$  и  $E$ , где элементы  $V$  – вершины графа  $G$ , а элементы  $E$  – ориентированные (или неориентированные) ребра графа  $G$ .  $G$  – тривиальный граф, если  $|V|=1$  и  $|E|=0$ .

Граф  $C$  называется фрагментом графа  $G$  и обозначается  $C \subseteq G$ , если  $C$  – часть графа  $G$ , т. е. состоит только из элементов (вершин и ребер) графа  $G$ .

Множество фрагментов  $F$  называется иерархией вложенных фрагментов графа  $G$ , если:

- (1)  $F$  содержит граф  $G$ , и
- (2)  $C_1 \subseteq C_2$ ,  $C_2 \subseteq C_1$  или пусто  $C_1 \cap C_2$  для любых  $C_1, C_2 \in F$ .

Для любых различных  $C_1, C_2 \in F$  фрагмент  $C_1$  непосредственно вложен в  $C_2$ , если  $C_1 \subseteq C_2$  и не существует такого  $C_3 \in F$ , отличного от  $C_1$  и  $C_2$ , что  $C_1 \subseteq C_3 \subseteq C_2$ . Фрагмент  $C \in F$  – элементарный, если  $F$  не содержит фрагментов, непосредственно вложенных в  $C$ .

Иерархический граф  $H = (G, T)$  состоит из графа  $G$  и корневого дерева  $T$ , которое представляет отношение непосредственной вложенности между элементами некоторой иерархии  $F$  вложенных фрагментов  $G$ .  $G$  называется основным графом  $H$ .  $T$  называется деревом вложенности  $H$ .

Иерархический граф  $H = (G, T)$  называется простым, если все его фрагменты являются порожденными подграфами графа  $G$ . Нетрудно увидеть, что каждый кластерный граф может быть рассмотрен как простой иерархический граф  $H = (G, T)$ , в котором  $G$  – неориентированный граф, а листья дерева  $T$  – тривиальные подграфы графа  $G$ .

Пример простого иерархического графа  $H = (G, T)$  приведен на рис. 1, на котором ребра основного графа  $G$  изображены сплошными линиями, а ребра дерева вложенности  $T$  – пунктирными. Данный простой иерархический граф  $H$  содержит шесть тривиальных

фрагментов и два нетривиальных фрагмента: основной граф  $G$  и фрагмент  $C = \{1, 2, 3, 5\}$ .

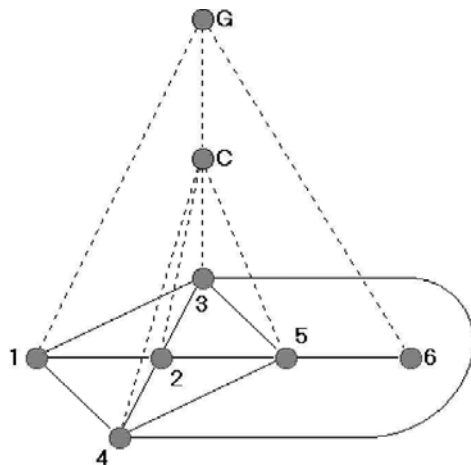


Рис. 1. Простой иерархический граф

Под графовой моделью в общем случае мы понимаем класс графовых объектов, имеющих вид атрибутированных (помеченных) графов, с заданным на нем отношением эквивалентности. При этом при задании графовой модели мы различаем статическую (или синтаксическую) часть описания, определяющую класс помеченных графов, образующих указанную модель, и динамическую (или семантическую) часть, задающую разбиение данного класса графов на подклассы попарно эквивалентных.

Пусть задано множество объектов  $W$ , называемых атрибутами, и пусть каждому элементу  $w \in W$  сопоставлено в соответствие множество объектов  $B(w)$ , называемых возможными значениями атрибута  $w$ . Например, в качестве  $B(w)$  могут использоваться определенные множества чисел, символов или строк (цепочек символов). Пусть  $M$  обозначает множество всех пар  $(w, v)$ , образованных из атрибутов  $w \in W$  и их значений  $v \in B(w)$ .

Атрибутированный иерархический граф – это пара  $(H, L)$ , где  $H$  – иерархический граф, а  $L$  – функция атрибутирования, сопоставляющая каждому его элементу  $h$  некоторое подмножество  $L(h) \subseteq M$ .

При изображении атрибутированного иерархического графа атрибуты и их значения для элементов иерархического графа могут либо выражаться неявно через определенные свойства способа представления этих элементов (например, через геометрическую форму изображения соответствующего элемента, его размеры, цветовую гамму и т. д.), либо изображаться явно в виде определенного места и вида пометок соответствующих элементов. Например, явное представление атрибутов может определять место и вид изображений атрибутов в виде текстов внутри областей вершин или рядом с линиями, изображающими ребра.

Что касается динамической части иерархической графовой модели, то она может быть задана разными способами и привносит в визуализацию графовых моделей различные анимационные аспекты.

Можно выделить два разных подхода к заданию семантической части графовой модели: путем явного задания набора инвариантов (свойств, присущих всем эквивалентным между собой моделям), который различает классы эквивалентности графовых моделей, либо через так называемые эквивалентные преобразования графовых моделей, которые сохраняют указанный набор инвариантов. Оба подхода к заданию семантической части графовой модели опираются на преобразования графов и активно развиваются в рамках теории схем программ [2, 6], где первый подход приводит к семантическим моделям программ, используемым главным образом для исследования проблем разрешимости и обоснования корректности преобразований, а второй – к формальным моделям программ, ориентированным на исследование различных формализаций применяемых на практике способов улучшения качества транслируемых программ – так называемых оптимизирующих преобразований.

## **2. Иерархические графы с портами и их изображение**

Определим иерархические графы с портами как подкласс иерархических графов следующим образом.

Пусть  $H = (G, T)$  – иерархический граф и пусть  $P \subseteq V$  – некоторое выделенное подмножество вершин графа  $G$ . Будем называть портами фрагмента  $C$  все те его вершины из  $P$ , которые не принадлежат ни одному вложенному в него фрагменту из  $F$ .

Нетрудно увидеть, что в любом иерархическом графе с портами  $H = (G, T)$  каждая вершина из  $P$  является портом некоторого фрагмента  $C \in F$  и только одного его фрагмента.

Таким образом, множество всех вершин графа  $H = (G, T)$  распадается на три попарно непересекающихся множества: (1)

множество всех портов  $P$ , (2) множество простых вершин – всех тех вершин его основного графа  $G$ , которые не являются портами фрагментов из  $F$ , и (3) множество всех тех вершин дерева вложенности  $T$ , которые не являются тривиальными фрагментами основного графа.

Например, информационный граф программы может быть рассмотрен как такой иерархический граф с портами  $H = (G, T)$ , в котором  $G$  – ориентированный граф с  $P = V$ , а каждый фрагмент  $C \in F$ , отличный от  $G$ , является элементарным пустым фрагментом, множество портов которого распадается на два таких непересекающихся подмножества  $In(C)$  и  $Out(C)$ , что нет дуг, исходящих из портов  $In(C)$  или заходящих в порты  $Out(C)$ . При таком рассмотрении элементарные фрагменты  $C \in F$  моделируют операторы программы,  $In(C)$  и  $Out(C)$  – множества информационных входов и выходов соответствующих операторов, а дуги основного графа  $G$  – информационные связи между соответствующими выходами и входами операторов.

Изображение (или укладка) иерархического графа с портами  $H = (G, T)$  является таким представлением элементов  $H$  на плоскости, что выполняются следующие свойства.

1. Каждая вершина графа  $H$  представлена некоторой простой замкнутой областью (например, кругом или прямоугольником). Область определяется ее границей (простой замкнутой кривой на плоскости), которая делит оставшуюся часть плоскости на две части: внутреннюю грань и внешнюю грань. Другими словами область, изображающая вершину графа  $H$ , состоит из ее границы и ее внутренней грани.

2. Для любых  $C_1, C_2 \in F$  пересечение областей фрагментов  $C_1$  и  $C_2$  пусто тогда и только тогда, когда пусто  $C_1 \cap C_2$ , а область каждого фрагмента  $C \in F$  включает в себя области всех вложенных в него фрагментов и области всех ее портов и простых вершин.

3. Область любого порта и любой простой вершины любого фрагмента  $C \in F$  не содержит точек областей других портов и простых вершин фрагмента  $C$  и точек областей тех фрагментов, которые вложены во фрагмент  $C$ .

4. Каждое ребро графа  $G$  представлено простой кривой (со стрелкой, если это ребро ориентировано), соединяющей две точки, принадлежащие границам тех двух областей, которые изображают инцидентные данному ребру вершины.

5. Все ребра любого фрагмента  $C \in F$  расположены внутри области фрагмента  $C$ .

6. Если простая вершина, порт или ребро  $h$  графа  $H$  не принадлежит некоторому его фрагменту  $C \in F$ , то область фрагмента  $C$  не содержит точек области простой вершины или порта  $h$  и не содержит точек кривой, изображающей такое ребро  $h$ , которое соединяет вершины, не принадлежащие фрагменту  $C$ .

В качестве примера рассмотрим использование введенного формализма для изображения операторной схемы над распределенной памятью (или Р-схемы) [2, 6]. В операторной схеме данного типа управляющий граф (уграф) программы, вершины которого соответствуют операторам программы, а дуги представляют управляющие связи (возможные передачи управления) между ними, как бы дополнен информационным графом, представляющим информационные связи между соответствующими выходами и входами операторов.

На рис. 2 приведен пример изображения конкретной схемы над распределенной памятью. Здесь, как и обычно, операторы программы изображены в виде прямоугольников, снабженных кругами, изображающими операнды операторов (входы оператора располагаются сверху соответствующего прямоугольника, а выходы снизу). Управляющие связи изображены сплошными линиями (со стрелками), соединяющими операторы, а информационные связи – пунктирными линиями (со стрелками), соединяющими выходы операторов с входами.

Каждая Р-схема может быть представлена в виде такого иерархического графа с портами  $H = (G, T)$ , в котором любой фрагмент  $C \in F$ , отличный от основного графа  $G$ , является элементарным пустым фрагментом, состоящим из одной основной вершины  $q \in V \setminus P$  и возможно пустого множества портов  $p \in P$ , которое распадается на два непересекающихся подмножества  $In(C)$  и  $Out(C)$ . При таком представлении простые вершины  $q$  элементарных фрагментов  $C \in F$  моделируют операторы Р-схемы, а порты  $p$  из множеств  $In(C)$  и  $Out(C)$  моделируют их информационные входы и выходы. Дуги основного графа  $G$ , соединяющие вершины  $q \in V \setminus P$ , – это управляющие связи, а дуги основного графа  $G$ , соединяющие порты  $p \in P$ , – это информационные связи между соответствующими выходами и входами операторов.

Если изображать каждый элементарный фрагмент такого иерархического графа в виде фигуры, образованной прямоугольником, изображающим его вершину, и примыкающими к нему кругами,

изображающими его порты (входы сверху прямоугольника, а выходы снизу), а каждую дугу основного графа рисовать либо сплошной линией со стрелкой, если это управляющая связь, либо пунктирной линией со стрелкой в случае информационной связи, то можно получить стандартное изображение Р-схемы, приведенное на рис. 2.

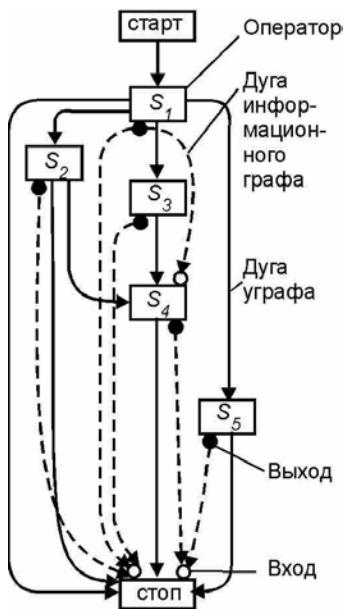


Рис. 2. Р-схема

### Заключение

В работе была рассмотрена модель атрибутированных иерархических графов с портами для визуализации структурированной информации. Модель позволяет строить наглядные изображения для тех приложений, где объекты, моделируемые вершинами графа, являются сложными и могут содержать по несколько разных логических частей, через которые эти объекты находятся во взаимосвязи, моделируемой ребрами. На базе этой модели в Институте систем информатики им. А.П. Ершова СО РАН ведутся работы по расширению возможностей системы Visual Graph по визуализации структурированных данных большого размера.

## Список литературы

1. Евстигнеев, В. А. Толковый словарь по теории графов в информатике и программировании / В. А. Евстигнеев, В. Н. Касьянов. – Новосибирск: Наука, 1999. – 286 с.
2. Ершов, А. П. Введение в теоретическое программирование. Беседы о методе / А. П. Ершов. – М.: Наука, 1977. – 288 с.
3. Касьянов, В. Н. Иерархические графы и графовые модели: вопросы визуальной обработки / В. Н. Касьянов // Проблемы систем информатики и программирования. – Новосибирск: ИСИ СО РАН, 1999. – С. 7–32.
4. Касьянов, В. Н. Visual Graph – система для визуализации сложно структурированной информации большого объема на основе графовых моделей / В. Н. Касьянов, Т. А. Золотухин // Научная визуализация. – 2015. – Том 7, № 4. – С. 44–59.
5. Касьянов, В. Н. Визуализация информации на основе графовых моделей / В. Н. Касьянов, Е. В. Касьянова. – Новосибирск: НГУ, 2014.
6. Касьянов, В. Н. Графы в программировании: обработка, визуализация и применение / В. Н. Касьянов, В. А. Евстигнеев. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 1104 с.
7. Система Cytoscape [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://cytoscape.org>
8. Система Gephi [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://gephi.org>
9. Система Graphviz [Электронный ресурс]. URL: <https://graphviz.org>
10. Система JGraph [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://dev.cs.ovgu.de/java/jgraph/tutorial/t1.html>
11. Система Tulip [Электронный ресурс]. URL: <https://tulip.labri.fr/TulipDrupal>
12. Система yEd [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.yworks.com>
13. Формат GraphML [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://graphml.graphdrawing.org>
14. Di Battista, G. Graph Drawing: Algorithms for Visualization of Graphs / G. Di Battista, P. Eades [et al.]. – Prentice Hall, 1999. – 416 p.
15. Feng, Q. W. Planarity for clustered graphs / Q. W. Feng, R. F. Cohen, P. Eades // Lecture Notes in Computer Science. – 1995. – Vol. 979. – P. 213-226.
16. Harel, D. On visual formalism / D. Harel // Comm. ACM – 1988. – Vol. 31, № 5. – P. 514-530.

17. Herman, I. Graph visualization and navigation in information visualization: a survey / I. Herman, G. Melançon, M. S. Marshall // IEEE Trans. on Visualization and Computer Graphics. – 2000. – Vol. 6. – P. 24-43.

18. Lisitsyn, I. A. Higress – visualization system for clustered graphs and graph algorithms / I. A. Lisitsyn, V. N. Kasyanov // Lecture Notes in Computer Science. – 1999. – V. 1731. – P. 82-89.

19. Sugiyama, K. Visualization of structured digraphs / K. Sugiyama, K. Misue // IEEE Trans. on Systems, Man and Cybernetics. – 1999. – Vol. 21, № 4. – P. 876–892.



# **Использование компьютерного секундомера-таймера «Собеседник 0.2» при проведении итогового собеседования по русскому языку в 9 классах общеобразовательных школ**

Ю. А. Чиркин, email: jurij271@yandex.ru

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение «Средняя общеобразовательная школа №19» г. Мичуринска Тамбовской области

**Аннотация.** *В данной работе рассматривается инструмент для оптимизации работы экзаменатора-собеседника при проведении итогового собеседования по русскому языку в 9 классах общеобразовательных школ.*

**Ключевые слова:** *итоговое собеседование по русскому языку, секундомер-таймер, экзаменатор-собеседник.*

## **Введение**

С 2019 года в 9 классах общеобразовательных школ проводится итоговое собеседование по русскому языку.

Технология проведения экзамена предполагает наличие в аудитории экзаменатора-эксперта, оценивающего ответы участников итогового собеседования и экзаменатора-собеседника. Экзаменатор-собеседник организует и ведёт диалога с участником собеседования, следит за временем подготовки к ответу, временем ответа как на отдельные задания КИМ (контрольно-измерительных материалов), так и общим временем проведения собеседования. В отсутствие технического специалиста в аудитории экзаменатор-собеседник также следит (если проводится потоковая аудиозапись), либо организует (при записи каждого участника собеседования отдельно) аудиозапись ответов участника итогового собеседования.

Приблизительное время диалога с одним участником собеседования согласно рекомендациям по организации и проведению итогового собеседования по русскому языку [1] составляет 15-16 мин. При большом количестве участников (в МБОУ СОШ №19 г. Мичуринска их количество в 2023 году составит 137 человек) длительность работы экспертной комиссии составляет несколько часов. Естественно, большая загруженность экзаменатора-собеседника и длительное время работы может привести к ошибкам вследствие утомляемости.

## 1. Компьютерный секундомер-таймер «Собеседник 0.2»

С целью оптимизации работы эксперта-собеседника и снятия с него обязанностей по слежению за временем проведения собеседования и отдельных его этапов составлена программа «Собеседник 0.2». Программа составлена в среде электронного процессора MS Excel.

Компьютерный секундомер-таймер «Собеседник 0.2» способен:

1. Отображать структуру итогового собеседования с указанием времени протекания каждого этапа.
2. Отображать общее время собеседования и каждого этапа в отдельности.
3. Осуществлять визуальную индикацию времени протекания отдельных этапов собеседования.
4. Осуществлять досрочный переход к следующему этапу собеседования.
5. Осуществлять звуковое дублирование окончания отдельных этапов и собеседования в целом.
6. Осуществлять визуальную индикацию окончания собеседования.

Интерфейс программы «Собеседник 0.2» представлен на рис. 1.

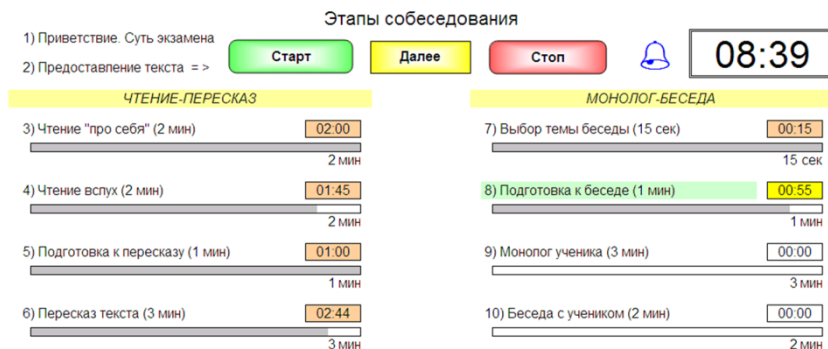
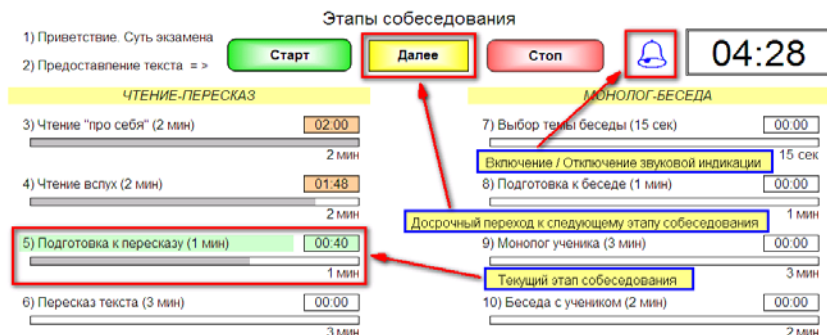


Рис. 1. Интерфейс программы «Собеседник 0.2»

Кнопка «Старт» предназначена для запуска секундомера. По нажатию данной кнопки начинает идти время первого этапа собеседования, требующего слежения за временем. Кнопка «Далее» предназначена для досрочного перехода к следующему этапу собеседования. Кнопка «Стоп» предназначена для остановки секундомера-таймера.

Дополнительные комментарии к интерфейсу программы и органам управления приведены на рис. 2.



*Рис. 2. Органы управления секундомером-таймером  
«Собеседник 0.2»*

Текущий этап собеседования выделяется зелёным цветом. За 5 секунд до окончания текущего этапа время этапа выделяется жёлтым цветом и звучит звуковой сигнал (подачу звукового сигнала при необходимости можно отключить). Если участник завершил очередной этап ранее отведённого на него времени, то перейти принудительно к следующему этапу, запустив его тайминг, можно, нажав кнопку «Далее». Время прошедшего этапа фиксируется на экране и окрашивается в красный цвет. По прошествии 15 минут общий секундомер времени собеседования окрашивается в жёлтый цвет и на экран выводится надпись «Время собеседования истекло», что является сигналом экзаменатору-собеседнику к завершению собеседования с данным участником.

### Заключение

С 2019 года секундомер-таймер «Собеседник» используется при проведении итогового собеседования в МБОУ СОШ №19 г. Мичуринска. По результатам апробирования программы можно утверждать, что у учителей имеется надёжный и удобный инструмент, который позволяет экзаменатору-собеседнику сосредоточиться на проведении собеседования, не отвлекаясь на действия с устройствами счёта времени.

Программа размещена на учительском портале «Учпортал» (<https://www.uchportal.ru/load/126-1-0-94299>), а также на авторском сайте «Программы для оптимизации труда учителя» (<http://www.ktp.mya5.ru/taimer>) и доступна для свободного использования.

### **Список литературы**

1. Рекомендации по организации и проведению итогового собеседования по русскому языку в 2023 году [Электронный ресурс] : Приложение к письму Рособнадзора от 22.11.2022 № 04-435. – Режим доступа : [https://doc.fipi.ru/itogovoye-sobesedovaniye/Rekomendacii\\_it\\_sobesedovanie\\_2023.pdf](https://doc.fipi.ru/itogovoye-sobesedovaniye/Rekomendacii_it_sobesedovanie_2023.pdf)

**Секция 5**  
**Электронное обучение и**  
**дистанционные**  
**образовательные**  
**технологии**

# Современные тенденции, риски и информационные угрозы персонализации обучения в условиях цифровизации образования и вирусной пандемии

Г. В. Абрамян, email: abrgv@rambler.ru<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Российский государственный педагогический университет  
им. А. И. Герцена

<sup>2</sup> Государственный университет морского и речного флота имени  
адмирала С. О. Макарова

**Аннотация.** В статье рассматриваются современные тенденции, риски и информационные угрозы персонализации обучения в условиях вирусной пандемии и цифровизации образования. Обосновывается необходимость учета информационных угроз и рисков утечки личных данных при использовании электронного оборудования, сетей, персональных гаджетов, зарубежных программных продуктов и систем электронного обучения на основе LMS и LXP-систем в условиях персонализации учебного процесса в РФ.

**Ключевые слова:** информационные угрозы, риски, утечка личных данных, персонализация обучения, цифровизация образования, современные тенденции, LXP-системы.

## Введение

В условиях цифровизации экономики и периодически вводимых пандемических ограничений в мире российская система высшего образования функционирует и развивается в особом режиме, при котором цели, задачи и направления развития высшего, среднего профессионального (СПО) и общего (ОО) образования изменяются в соответствии с требованиями времени. Так, например, в ближайшее время в вузах и СПО планируется реализовать мероприятия по: 1) ускоренному двухгодичному выпуску обучаемых в системе СПО, в том числе укорачивая уже существующие образовательные программы, проводя акселерацию и ускоренную подготовку по рабочим профессиям, развивая краткосрочные курсы; 2) практико-ориентированному содержанию образования; 3) разработке и развитию новых форм и моделей обучения, в том числе на основе дуальных форм обучения при которых: 3.1) работодатели принимают более активное участие в создании учебных планов и программ, 3.2) теоретическая подготовка обучаемых осуществляется в учреждении образования,

а практическая подготовка ведется на предприятии и конкретном рабочем месте. В статье выделяются основные тенденции, условия и риски процессов цифровизации образования с учетом данных мероприятий и планов.

## **1. Тенденции, угрозы и риски персонализации обучения в условиях цифровизации и вирусной пандемии**

### **Тенденция 1**

В новых условиях цифровое образование, персонализация данных и экспериментальная дистанционная/удаленная работа в вузах, системе СПО и школах все чаще становится нормой. Все ступени образования теперь можно получать в любом месте и в любое время (в вузах, СПО и школах) при наличии соответствующего ИКТ-оборудования, в том числе и в личном пользовании у обучаемых, однако сам учебный процесс все шире и глубже сопровождается сбором образовательных и индивидуальных данных о характере прохождения учебных маршрутов. Получаемые персональные данные об обучаемых, как правило, собираются образовательным учреждением и поступают на экспертизу в региональные и федеральные отделы образования, профильные министерства и ведомства для принятия организационных и управленческих решений об эффективности учебных процессов.

В условиях пандемии, безусловно, цифровые удаленные формы обучения, как и телемедицина, – это более безопасные, качественные и дешевые формы оказания услуг обучения/лечения населению. Однако реальное или онлайн цифровое социальное общение/обучение и диалог для обучаемых из регионов уже в ближайшее время может стать доступным только для людей, обладающих достаточными средствами и возможностями. Например, за дополнительные «домашние» занятия с репетитором обучаемым (студентам и школьникам) или их родителям в условиях пандемии в некоторых регионах РФ было необходимо заплатить в среднем полторы-две тысячи рублей в час, занятия с использованием видеосервисов стоило около 500 рублей в час, а подписка на использование различных образовательных платформ в среднем стоила 200-300 рублей в месяц, между тем в сети Интернет представлены многочисленные и бесплатные, или более бюджетные открытые электронные ресурсы. Электронные и цифровые формы образования в условиях пандемии позволили, с одной стороны, обеспечить государству образовательный процесс, преподавателям реализовать профессиональную деятельность, а обучаемым и их родителям получить удаленные образовательные услуги «на дому». В новых условиях изменились и функции ППС и учителей – они все

больше становились тьюторами, создающими, использующими и контролирующими актуальный аудио/видео контент, параллельно занимающимися всеми организационными процессами и профессиональными задачами. В этой связи электронное/цифровое образование при сохранении качества предоставляемых услуг можно рассматривать как среду, поддерживающую распараллеливание задач персонального мониторинга и управления образовательными процессами.

## **Тенденция 2**

В современных условиях целью обучения, например в системах СПО и вузах, становится уже не столько обучение, развитие и воспитание, сколько создание и поддержание системы персональной подготовки молодежи к эффективной работе на свободном рынке услуг своих уже сформированных и формируемых компетенций, знаний, умений и навыков. В этой связи талантливый молодой человек – выпускник СПО или вуза – возможно, уже не будет восприниматься просто как социально самоценная личность, но он будет ценен своими персональными практикоориентированными компетенциями, знаниями, умениями и навыками, в том числе и адаптивными навыками **SOFT SKILLS**, опытом разработки и реализации творческих проектов, навыками виртуализации и анимации деятельности, технологиями и алгоритмами цифровой деятельности, виртуально-анимированными моделями услуг на глобальном рынке, дизайнерскими идеями и пр. Для этого необходимо, чтобы еще и на стадии обучения в вузе и системе СПО обучаемый начал формировать свою персонализированную модель компетенций/навыков/знаний, параллельно выстраивая свою карьеру в системе обучения и обществе, становясь при этом частью «живого» товарного рынка компетенций, генерируя при этом в цифровую среду свой цифровой образ. В зависимости от уровня развития, глубины, связей и отношений модели компетенций и талантливости, обучаемый будет стоить тем дороже, чем более развитой будет его компетентностная модель и соответственно, тем он как будущий специалист выше будет цениться и дороже продаваться на рынке глобальных услуг.

Модели персональных компетенций/навыков/знаний можно будет оперативно подстраивать под актуальные, например региональные или федеральные, задачи, собирая и агрегируя данные, например из HR-платформ, текстов вакансий, содержимого задач. Для этого рекомендуется использовать таксономию образовательных результатов, полученную в результате машинного анализа большого количества персональных данных и текстов. При этом обучаемые, реализуя свои



индивидуальные учебные проекты, параллельно могут отражать ход своей деятельности в tasktracker. Для этого, например, можно воспользоваться сервисом для мониторинга командной работы Trello, который позволяет планировать и публиковать текущие учебные задачи, систематизировать их и следить за исполнением.

### **Тенденция 3**

Траектории персонального развития и обучения позволяют дифференцировать обучаемых и тем самым формировать группы обучаемых, ориентированные на решение творческих задач (ГООТЗ), с одной стороны, а с другой стороны, формировать более прикладные/профильные группы обучаемых – будущих функциональных исполнителей «заданных» производственных процессов и алгоритмов (ФИЗППА).

В условиях цифровизации электронного обучения в вузах, СПО и школах параллельно идут процессы дифференциации системы образования на академическую/фундаментальную и прикладную/профильную составляющие образования. При этом система академического/фундаментального образования постепенно становится все более закрытой, элитарной и доступной либо для избранного контингента обучаемых, либо для обеспеченных семей, которые в состоянии компенсировать расходы на обучение своих детей. Именно для реализации в первую очередь ФИЗППА образования, по нашему мнению, и необходима система цифрового/электронного обучения, для управления которой необходимо в первую очередь создавать искусственный интеллект. Пандемия и связанный с ней резкий отток трудовых мигрантов, в том числе из РФ, показал, что за реализацией интеллектуального ФИЗППА образования на основе персонализированного цифрового/электронного мониторинга и обучения, безусловно, большое будущее.

### **Тенденция 4**

При всех положительных составляющих персонализированного цифрового/электронного обучения и возможности интеллектуализации и автоматизации ФИЗППА образования, нельзя забывать о проблемах, которые могут возникать при подготовке молодежи. В частности, поиск и обработка готовой информации в цифровой/электронной среде и связанный с этим набор текстов подменяет важные для развития мозга обучаемых процессы письменного изложения мыслей, которые, совместно с тактильными операциями, формируют навыки/умения, и, как результат развития, происходит рост нейронных связей и систем между левым и правым полушариями мозга. При использовании

обучаемыми манипуляторов (клавиатуры/мыши) или традиционных ручки/карандаша при вводе/обработке информации используются совершенно различные тактильные зоны, и в первом случае используются лишь «подушечки» пальцев. Поэтому необходимо проводить глубокие психофизиологические исследования, как и каким образом использование и, соответственно, развитие «новых» тактильных зон вместо традиционных «зон» будет сказываться на развитии когнитивных и умственных способностей, сознания и интеллекта. Необходимо также учитывать, что в процессе персонализированного электронного обучения происходит значительное увеличение временных периодов ввода/набора/редактирования текстов, вставки объектов, «протаскивания» мыши и др. Для изучения этих явлений предлагается разработать перечень типовых электронных операций «электронного» обучаемого, которые он осуществляет с использованием: 1) клавиатуры, 2) тактильных ручных манипуляторов (мышь, джойстик, игровые пульта и пр.), 3) виртуальных тактильных манипуляторов и датчиков (виртуальный шлем, очки и пр.), 4) подкожных электронных чипов.

#### **Тенденция 5**

В процессе персонализированного онлайн-обучения в РФ в настоящее время используются в основном зарубежные программы и информационные системы: 1) глобальные информационные сервисы видеоконференций – Zoom, Skype, MicrosoftTeams, CiscoWebexMeetings, Slack, GoogleHangoutsMeet, FacebookMessenger, GoToMeeting, JoinMe, CyberLink U Meeting, BlueJeans, Lifesize, FreeConference, Starleaf, Trueconf, 2) системы электронного обучения (СЭО) – Canvas от Instructure, AdobeCaptivatePrime от Adobe, iSpringSuite от Ричмедиа, Академия-Медиа от Издательского центра «Академия», АнтиТренинги от Интернет Университета, iSpringPage от Ричмедиа, eFront от Epignosis, myQuiz от WaveAccess, Система тестирования INDIGO от IndigoSoftwareTechnologies, Electude от ElectudeInternational, Collaborator от Davintoo, ATutor, eLearningServer 4G от Гиперметод, Teachbase от Интернет Школы, Emdesell от ИП Соколов М. А., GetCourse от Системы Геткурс, iSpringMarket от Ричмедиа, Mirapolis LMS от Mirapolis, StartExam от Милдсофт, CourseLab от WebSoft, OnlineTestPad, Eliademy от CloudBerryТес, Testand от Тестанд, AdobeCaptivate от Adobe, Uchi.pro от Учи.Про, OpenedX от edX, MyLMS от WebSoft, Google Класс от Google, ArticulateStoryline 360 от ArticulateGlobal, Ё-Стади от Седьмое Небо, iSpringLearn от Ричмедиа, Edmodo от Edmodo, Эквио от Эквио, Gurucan от Гурукэн, Moodle от Moodle, Teachable от Teachable, ZenClass от ДзенКласс, LearnWorlds от LearnWorlds, Мосо от Technomatix,

TalentLMS от Epignosis, Unicraft от Юникрафт, eTutorium LMS от Етуториум, TotaraLearn от TotaraLearningSolutions, Eduardo от Лекториум, EduTerra.PRO от Территории Образования, 1С:Электронное обучение, Корпоративный университет от 1С, Thinkific от Thinkific, JustClick от ДжастКлик что приводит к: 1) рискам возможного полного или частичного ограничения доступа к образовательным системам, 2) возможности отключения сервисов для определенных категорий пользователей, в том числе государственных учреждений, вузов, школ, а также, например находящихся в так называемых «санкционных» списках, 3) утечке персональных данных граждан РФ в глобальную сеть [1–3].

Персонализация учебного опыта при обучении в настоящее время осуществляется с использованием алгоритмов машинного обучения на основе, как правило, зарубежных инструментов навигации Learning Experience Platform (LXP-систем). Например, зарубежная система: 1) Valamis позволяет персонально учитывать и «знает» лично каждого обучаемого (цели, образовательные траектории и пр.) и непрерывно подсказывает действия, необходимые в данный момент, 2) Edcast: 2.1) формирует так называемые скиллсеты – наборы навыков, которые обучаемые должны получить, чтобы освоить определенную предметную область или раздел, например, статью, графическим дизайнером определенного уровня; под конкретные навыки и подбираются рекомендации; 2.2) содержит систему экспертной оценки навыков, которая является важнейшим инструментом и источником информации для системы формирования рекомендаций по обучению; 3) открывания и мониторинга контента Degreed, которая позволяет следить, что происходит у других обучающихся/преподавателей и составлять персональную траекторию развития [4].

Использование зарубежных LXP-систем предполагает, что образовательные организации должны быть глубже интегрированы в сетевые совместные программы. Таким образом, каждый сетевой вуз/колледж/школа полностью формирует только часть образовательных активностей по наиболее глубоко проработанной профильной тематике. А далее сетевые вузы/колледжи/школы обмениваются контентом, реализуя совместную логику партнерства, но не конкуренции. Это позволяет каждому вузу/образовательной организации больше внимания уделить качеству контента. Однако данная деятельность также приводит к утечке персональных данных в глобальную сеть.

Если для реализации сетевой программы используются зарубежные сервисы видеоконференций, СЭО и LXP-систем, то в условиях импортозамещения программного обеспечения параллельно

российское образование становится зависимым от работы данных сервисов, и, как результат, система отечественного образования уже перестанет быть суверенной и независимой [5, 6]. Причём сбор образовательных персональных данных для управления контентом [7] и интерфейсами формирования профессиональных компетенций осуществляется в настоящее время во многом без научного обоснования [8, 9], с неясными целями и возможными негативными последствиями как для обучаемых и их родителей, так и для самой системы образования (учителя, ППС, управленческие кадры) [10–13].

### **Тенденция 6**

Использование современных систем персонализированного электронного обучения предполагает наличие дома у обучаемых высокоскоростных каналов связи и дорогостоящей компьютерной техники и внешних устройств, что приводит, с одной стороны, к зависимости доступности образовательных услуг и качества образования от: 1) материальной обеспеченности обучаемых, их родителей и учебного заведения, в котором установлена СЭО школы, 2) наличия ИТ-компетенций у обучаемых и их родителей, преподавателей, руководящего и обслуживающего персонала учреждения образования [14–16]. В реальных условиях РФ это может привести к принудительному разделению обучающихся, родителей, ППС, обслуживающего ИТ-персонала учреждения образования по территориальным, материальным, финансовым и, как результат, этническим, национальным и религиозным признакам.

### **Заключение**

Цифровые средства (аппаратные, программные, организационные и пр.), в соответствии с законодательством РФ, должны быть наполнены лицензионным программным обеспечением, поэтому, приобретая продукты компаний Microsoft, Apple, производителей различных западных LXP-систем и LMS-систем и пр., сотрудники образовательных учреждений и родители обучаемых должны помнить о том, что Microsoft, Apple, Intel, AMD и др. в основном являются западными и американскими компаниями, а, например, в доктрине безопасности США РФ по настоящее время является одним из главных врагов США. Исходя из этого, руководству образования необходимо принимать адекватные организационные решения с точки зрения информационной безопасности и информационных рисков защиты цифровых и электронных персональных данных обучаемых в условиях реализации реального суверенитета РФ [17–19].

### Список литературы

1. Гладилина, И. П. Цифровая трансформация образования: зарубежный и отечественный опыт / И. П. Гладилина, И. Г. Ермакова // Современное педагогическое образование. – 2021. – № 3. – С. 8–12.
2. Кусаинова, А. С. Инструменты и методы оценки функционирования ИТ-инфраструктуры высшего учебного заведения / А. С. Кусаинова // Вестник университета Туран. – 2016. – № 4 (72). – С. 297–300.
3. Мынбаева, А. К. Обзор новейших теорий образования: Педагогика 2.0, Образование 3.0 и Хьютагогика (Эвтагогика) / А. К. Мынбаева // Вестник Казахского национального университета. Сер. Педагогические науки. – 2019. – Т. 61. – № 4. – С. 4–16.
4. Абрамян, Г. В. Риски и потенциальные угрозы компьютерных систем и технологий электронного обучения на платформе WINDOWS научно-образовательной среды Российской Федерации / Г. В. Абрамян // Региональная информатика и информационная безопасность. – Санкт-Петербург, 2015. – С. 414–416.
5. Абрамян, Г. В. Формирование профессиональных компетенций выпускников вузов в цифровой HIGH-HUME образовательной среде на основе HIGH-TECH суггестивно-лингвистического анализа и управления профессиональной деятельностью, коммуникациями и контентом учебных каналов / Г. В. Абрамян // Современное программирование : Материалы III Международной научно-практической конференции. – Нижневартовск, 2021. – С. 251–254.
6. Кицела, К. И. Технология отбора мобильных программ-клиентов для обмена личными сообщениями в информационно-образовательной среде вуза / К. И. Кицела [и др.] // Информационно-телекоммуникационные системы и технологии. – 2015. – С. 92.
7. Абрамян, Г. В. Вербальные, визуальные и паралингвистические невербальные компоненты HIGH-HUME/HIGH-TECH цифрового управления подготовкой выпускников вузов с учетом региональных фонетических, фонологических, морфологических, лексикологических и синтаксических конструкций и форм организации ИТ-коммуникаций / Г. В. Абрамян // Современное программирование : Материалы III Международной научно-практической конференции. – Нижневартовск, 2021. – С. 261–266.
8. Абрамян, Г. В. HIGH-HUME методология и алгоритмы реализации HIGH-TECH управления контурами естественнофизиологических, электронноцифровых и гибридных интерфейсов формирования профессиональных компетенций

выпускников вузов / Г. В. Абрамян // Современное программирование : Материалы III Международной научно-практической конференции. – Нижневартовск, 2021. – С. 255–260.

9. Абрамян, Г. В. Формирование профессиональных компетенций выпускников вузов в цифровой HIGH-HUME образовательной среде на основе HIGH-TECH суггестивнолингвистического анализа и управления профессиональной деятельностью, коммуникациями и контентом учебных каналов / Г. В. Абрамян // Современное программирование : Материалы III Международной научно-практической конференции. – Нижневартовск, 2021. – С. 251–254.

10. Копыльцов, А. А. / Обработка слабо формализованной информации, поступающей от технических систем // А. А. Копыльцов, А. В. Копыльцов // Вестник Нижневартовского государственного университета. – 2013. – № 1. – С. 32–36.

11. Копыльцов, А. В. Оценка качества программного обеспечения / А. В. Копыльцов ; Институт информатизации образования (Северо-Западный филиал), Ленинградский государственный областной университет им. А. С. Пушкина. – Санкт-Петербург, 2000.

12. Савельев, С. Д. Информационная модель распределенной автоматизированной информационной системы кадрового учета в финансовом университете при Правительстве РФ на основе удаленного вызова процедур «Тонкий клиент» / С. Д. Савельев, Г. В. Абрамян // Информационно-телекоммуникационные системы и технологии. – 2015. – С. 218.

13. Янкевичус, А. А. Система оптимизации штатов на основе дифференциации сотрудников технических служб сервиса и консультирования пользователей персональных компьютеров в педагогическом университете / А. А. Янкевичус, Г. В. Абрамян // Информационно-телекоммуникационные системы и технологии. – 2015. – С. 126.

14. Ситдииков, А. А. Информационная модель оптимизации инфокоммуникаций в вузе на основе интерактивной системы взаимодействия студентов и преподавателей / А. А. Ситдииков [и др.] / Информационно-телекоммуникационные системы и технологии. – 2015. – С. 18

15. Шагай, М. А. Современные тенденции и особенности управления качеством обучения в системе среднего образования Ленинградской области в информационной среде / М. А. Шагай, Г. В. Абрамян // Информационно-телекоммуникационные системы и технологии. – 2015. – С. 125.

16. Шумкова И. Г. Особенности, значение и принципы формирования информационно-образовательного пространства вуза на основе интернет-ресурса «СПБ ГИПИСР» / И. Г. Шумкова, Г. В. Абрамян // Информационно-телекоммуникационные системы и технологии. – 2015. – С. 100.

17. Абрамян, Г. В. Риски и потенциальные угрозы компьютерных систем и технологий электронного обучения на платформе WINDOWS научно-образовательной среды Российской Федерации / Г. В. Абрамян // Региональная информатика и информационная безопасность. – Санкт-Петербург, 2015. – С. 414–416

18. Сафиуллин, А. Р. «Умный город»: ключевые характеристики в условиях четвертой промышленной революции / А. Р. Сафиуллин, А. А. Александров // Цифровая экономика и Индустрия 4.0: новые вызовы : Труды научно-практической конференции с международным участием / под ред. А. В. Бабкина. – 2018. – С. 69–80.

19. Копыльцов, А. А. Цифровые образовательные ресурсы и их роль в современном образовании / А. А. Копыльцов, А. В. Копыльцов // Современное образование: содержание, технологии, качество. – 2020. – Т. 1. – С. 320–322.

## **О возможности интеграции модели стилей обучения Фелдера-Сильвермана с системой электронного обучения**

Л. А. Амаева, email: achaevala@yandex.ru

Нижнекамский химико-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «КНИТУ»

**Аннотация.** *В настоящее время растет популярность электронного обучения и по мере его роста возникают новые задачи. Системы электронного обучения используются в различных образовательных учреждениях. Преподаватели создают курсы, которые отражают их методы преподавания и не учитывают особенности студента. Внедрение модели студента, которая будет отображать все его характеристики, в систему электронного обучения позволит построить эффективную адаптивную систему обучения, которая позволит строить индивидуальную траекторию обучения для каждого студента в зависимости от его предпочтений. Для традиционной формы обучения разработаны различные модели, позволяющие составить «портрет» обучаемого. В работе рассматривается возможность использования моделей для построения модели студента для электронной системы обучения.*

**Ключевые слова:** *модель Фелдера-Сильвермана, модели стилей обучения, LMS Moodle, электронное обучение, электронная образовательная среда.*

### **Введение**

Стиль обучения определяет индивидуальные характеристики человека, которые он использует для получения и обработки информации в процессе обучения. Правильно выбранные методы и стили обучения способствуют улучшению эффективности как преподавания, так и процесса обучения, так как каждый метод имеет свои особенности и лучше всего работает в определенных обстоятельствах. Педагог, используя стили обучения, может влиять не только на способ, используемый для лучшего усвоения информации, но и может эмоционально воздействовать на своих обучаемых. Соответствие стили обучения предпочтениям студента позволят им извлечь необходимые знания, легче включиться в процесс обучения, не потерять интерес к предмету.



В различных исследованиях применяются разные модели стилей обучения. Однако при анализе литературы можно выделить несколько доминирующих и популярных моделей: модель стиля обучения Колба, модель стиля обучения Хани и Мамфорда, модель стиля обучения Данн и модель Фелдера-Сильвермана.

Модель Колба предполагает обучение через эксперимент. Поэтому при использовании данной модели обязательно должна присутствовать практическая составляющая. Любое занятие должно начинаться с опыта или жизненной ситуации, что достаточно тяжело реализовать в электронном обучении, так как при изучении некоторых предметов или тем необходимо сначала изучить теорию и только потом приступать к практической части. В этом случае нарушается чередование фаз обучения, заложенная в модели Колба.

Модель стиля обучения Хани и Мамфорда является продолжением теории Колба, то в этом случае возникают те же трудности, что и при реализации модели Колба.

Одной из составляющих модели стиля обучения Данн являются факторы окружающей среды, которые при реализации электронного обучения не смогут учитываться. Поэтому использование данной модели при построении модели студента не представляется возможным.

В модели Фелдера-Сильвермана типы обучающихся дифференцируют в соответствии с их предпочтениями в учебном процессе.

### **1. Описание модели Фелдера-Сильвермана**

Одной из самых известных моделей стилей обучения является модель Фелдера-Сильвермана. Данная модель описывает четыре биполярных измерения, которые описывают стили обучения обучающегося. Каждый ученик всегда склоняется к одному определенному полюсу, хотя нельзя утверждать, что для ученика характерна только определенная категория, поскольку его стиль обучения формируется сочетанием определенных размерных предпочтений в процессе обучения

Данная модель была создана для выявления наиболее важных различий в стиле обучения между студентами-инженерами и является хорошей основой для разработки подхода к обучению, при котором будут удовлетворены потребности учащихся в обучении. В этой модели учебные предпочтения учащихся классифицируются по четырем измерениям стиля обучения [1]:

– способ восприятия информации: сенсорный/интуитивный (sensing/intuitive);

- способ представления информации: визуальный/вербальный (visual/verbal);
- способ обработки информации: активный/рефлексивный (active/reflective);
- способ организации информации: последовательный/целостный (sequential/global).



Рис. 1. Модель Фелдера-Сильвермана

Модель обучения Фелдера-Сильвермана была разработана для традиционных систем обучения. На основе анкеты индекса стилей обучения, состоящей из 44 вопросов, определяется стиль обучения студента. При использовании данного стиля обучения в электронном обучении появляется необходимость интеграции модели с электронной образовательной средой, реализованной на базе LMS Moodle.

## 2. Интеграция модели Фелдера-Сильвермана с LMS Moodle

В качестве электронной информационной среды в вузе используется открытое программное обеспечение LMS Moodle, которое является специализированной системой управления учебным процессом [2].

Опишем поведение обучающихся по четырем измерениям стиля обучения при использовании LMS Moodle для выявления характерных предпочтений для каждой категории стиля обучения Фелдера-Сильвермана [3-5].

**Активное / рефлексивное измерение.** Активные учащиеся характеризуются как учащиеся, которые предпочитают экспериментировать с учебным материалом, учатся методом проб и ошибок, предпочитают активно работать с учебным материалом. Наибольший интерес проявляют к тем элементам курса, где они могут экспериментировать, обсуждать материал, объяснять его и проверять. Активные обучающиеся чаще общаются на форумах и в чатах, пишут

сообщения, активно участвуют в обсуждениях, предлагают собственное решение поставленной задачи, уделяют мало времени на изучение предоставленного материала и разобранных способов решения. Поэтому они активно работают с такими элементами курса как «Задания» и «Семинары».

Рефлексивные учащиеся предпочитают, тщательно прорабатывать учебный материал, тратят больше времени на чтение и решение заданий, работают в одиночку. При решении теста рефлексивный тип обучающихся также тщательно просматривает вопросы, ответы и несколько раз перепроверяет перед отправкой.

При обсуждении материала, на форумах и в чатах рефлексивные обучающие пассивны, но при этом внимательно и часто читают сообщения других участников, но редко публикуют свои сообщения.

**Сенсорное / интуитивное измерение.** Обучающиеся с сенсорным стилем предпочитают конкретный материал, а интуитивные изучают абстрактный материал. Конкретный материал содержит в себе большое количество примеров. В результате сенсорные чаще просматривают примеры и уделяют им большое количество времени, что противоречит предпочтениям интуитивных обучающихся, которые рассматривают примеры как дополнение к изученному материалу. Высокий интерес к примерам позволяет сделать вывод, что сенсорные учащиеся любят решать задачи на основе стандартной процедуры, часто используют тесты для самооценки и упражнения для проверки полученных знаний. Интуитивные ученики креативны и предпочитают решать сложные задачи

Таким образом, можно сделать вывод, что главной чертой сенсорных обучающихся является то, что они на объекты курса уделяют большое количество времени, скрупулезно и длительное время прорабатывают учебный материал, во время прохождения теста склонны тщательно проверять свои ответы, пересматривают их несколько раз перед отправкой.

**Визуальное / вербальное измерение.** Учащиеся вербального склада лучше запоминают информацию, если она была получена словесно при письменных и устных объяснениях. Лекции, представленные в текстовом формате, изучают и усваивают лучше, чем графический материал. В связи с этим, можно предположить, что они также активно будут использовать возможности чата и форума.

Визуальные обучающиеся предпочитают работать с информацией, представленной в графической форме. Таким образом, производительность по вопросам, представленном в графическом виде будет выше.

**Последовательное / целостное измерение.** Последовательные учащиеся лучше воспринимают детали, в то время как целостные учащиеся, как правило, хорошо видят «общую картину» и связи с другими областями. Особенно важны для них наличие обзора курса и главы.

На целостный стиль обучения будет указывать большое количество посещений обзорной страницы курса и увеличение времени на курс в целом. Студентам данного стиля обучения необходимо иметь перед собой план работы в изучаемом курсе, что позволит им лучше усвоить изучаемые материалы и решать возникающие вопросы.

Последовательные учащиеся обычно проходят курс в заданном порядке, идут по теме последовательно. Целостные учащиеся учатся «скачками», пропуская учебные объекты и переходя к более сложному материалу. Отслеживание количества пропущенных объектов обучения позволит определить стиль обучения для этого измерения.

### **Заключение**

Таким образом, описано поведение обучающихся по четырем измерениям стиля обучения при использовании LMS Moodle для выявления характерных предпочтений для каждой категории стиля обучения Фелдера-Сильвермана.

Модель обучения Фелдера-Сильвермана разработана для традиционного обучения и поэтому появляется необходимость адаптации моделей стиля обучения под данный вид обучения. В работе рассмотрена возможность интеграции модели обучения Фелдера-Сильвермана с системой электронного обучения.

### **Список литературы**

1. Волянская, Т. А. Адаптивное генерирование учебных курсов в интеллектуальных системах дистанционного обучения. Часть 1 / Т. А. Волянская. – Текст: электронный. – Новосибирск, 2019. – URL: [https://www.iis.nsk.su/files/preprints/pre\\_print\\_183\\_.pdf](https://www.iis.nsk.su/files/preprints/pre_print_183_.pdf)
2. Белякова, Е. Г. Взаимодействие студентов вуза с образовательным контентом в условиях информационной образовательной среды / Е. Г. Белякова, И. Г. Захарова. – Текст: непосредственный // Образование и наука. – 2019. – Т. 21, № 3. – С. 77-105.
3. Вайнштейн, Ю. В. Адаптивная модель построения индивидуальных образовательных траекторий при реализации смешанного обучения / Ю. В. Вайнштейн, Р. В. Есин, Г. М. Цибульский // Информатика и образование. – 2017. – №2. – С. 83-86.

4. Дидактическая концепция цифрового профессионального образования и обучения / П. Н. Биленко [и др.]; под науч. ред. В. И. Блинова – М.: Издательство «Перо», 2019. – 98 с.

5. Томюк, О. Н. Цифровизация образовательной среды как фактор личностного и профессионального самоопределения обучающихся / О. Н. Томюк, М. А. Дьячкова, Н. Б. Кириллова, А. Ю. Дудчик // Перспективы науки и образования. 2019. –№ 6 (42). – С. 422-434.

## **Использование возможностей интерактивной доски в процессе формирования логических универсальных учебных действий в начальной и основной школе**

Е. Е. Беловолова, email: bee1971@mail.ru

Ю. В. Панова, email: jvpanova@yandex.ru

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение  
«Лицей № 15» г. Воронеж

**Аннотация.** *Статья посвящена проблеме формирования логических универсальных учебных действий школьников посредством использования интерактивной доски. На основе анализа дидактических свойств интерактивной доски модели SMART Board рассматриваются преимущества использования данного средства обучения в образовательном процессе. Представлены типы заданий, направленных на развитие умений совершать логические операции.*

**Ключевые слова:** *логические универсальные учебные действия, интерактивная доска, SMART Board, SMART Notebook.*

### **Введение**

Новые ФГОС НОО и ООО (2021 г.) по-прежнему основаны на системно-деятельностном подходе, при котором главное место отводится активной и разносторонней, в максимальной степени самостоятельной познавательной деятельности школьника [1]. Среди познавательных универсальных учебных действий, которые должны формироваться в ходе изучения любой школьной дисциплины, выделяется группа логических действий, владение которыми позволяет оперировать понятиями, формулировать суждения и умозаключения, правильно ставить вопросы и отвечать на них, классифицировать, обобщать, сравнивать информацию.

В своей педагогической практике учителя применяют разнообразные средства формирования логических универсальных учебных действий, одним из самых эффективных являются интерактивные доски.

## **1. Дидактические возможности интерактивной доски и их использование для формирования логических универсальных учебных действий**

Опыт преподавания истории показывает, что большинство учащихся испытывают трудности при анализе исторического материала: не умеют найти сходство и различие в явлениях и процессах, не могут выделить причинно-следственные связи, затрудняются сделать вывод. Между тем, владение основными логическими операциями необходимо при изучении не только истории, но и других школьных дисциплин, а также и в повседневной жизни. Современное общество требует от нового поколения умения планировать свои действия, находить необходимую информацию для решения задачи, моделировать будущий процесс.

Очевидно, что умения совершать логические операции должны формироваться уже в начальной школе, в основной школе спектр умений расширяется и углубляется. Для этого педагогами разрабатывается различный технологический инструментарий, важное место в котором отведено ИКТ, в том числе приемам и методам работы с интерактивной доской.

Интерактивная доска – средство обучения, позволяющее учащемуся стать субъектом учебной деятельности, вступить в диалог, активно участвовать в познавательном процессе, выполняя творческие, поисковые, проблемные задания. В интерактивных досках объединяются проекционные технологии с сенсорным устройством, поэтому такая доска не просто отображает то, что происходит на компьютере, а позволяет управлять процессом, вносить поправки и коррективы, делать цветом пометки и комментарии, сохранять материалы урока для дальнейшего использования и редактирования [3]. Интерактивная доска, с помощью специального маркера (или руки), позволяет перемещать по своей поверхности рисунки, фотографии, тексты, копировать их, вращать, изменять их размер и форму.

Модель SMART Board благодаря своей принадлежности к сенсорной аналого-резистивной технологии наиболее подходит для работы с детьми младшего школьного возраста и учениками 5-7 классов. Вместе с оборудованием поставляется программное обеспечение SMART Notebook, позволяющее педагогам разрабатывать различные образовательные ресурсы, а также способствующее вовлечению учащихся в интерактивный процесс обучения

На уроках окружающего мира в 1-4 классах, на уроках истории и обществознания вводится большое количество понятий. Понятие – форма мышления, результат обобщения, проведенного по совокупности

признаков, присущих данному классу предметов. Усвоение понятий можно считать ядром, вокруг которого надстраиваются другие элементы образовательного процесса в любой предметной области. Уже в начальной школе учащиеся должны уметь их сравнивать, обобщать по определенному признаку, классифицировать [2]. В 5-7 классах учащиеся должны давать определения понятию, создавать обобщения, устанавливать аналогии, классифицировать, самостоятельно выбирать основания и критерии для классификации.

Многие из привычных понятий «семья», «конфликт», «человек» и др. младший школьник часто трактует на обыденном языке или же, наоборот, заучивает определения, не понимая сущности понятия. Обе крайности следует преодолеть, постепенно формируя умения учащихся выделять главные признаки того или иного понятия. Для этого можно использовать приемы «ромашка» и «скрайбинг».

На интерактивной доске рисуется ромашка с 5-7 лепестками, куда вписываются слова-ассоциации к главному понятию. К возможностям интерактивной доски относится возможность акцентуации (выделение одного объекта из многих) с помощью инструмента «проектор», позволяющая выделить главное слово или главную деталь в изображении. В данном случае можно выделить самый важный, по мнению учащихся, признак понятия. Из полученных слов или словосочетаний ребята составляют определение, а затем сравнивают с определением из словаря, закрытого до момента проверки «шторкой».

Прием «скрайбинг» – синхронное рисование образов-символов при объяснении материала – эффективен для усвоения сложных понятий, требующих дополнительной визуализации. Она создаст для обучающихся ассоциативный ряд «термин-образ». Этот прием можно использовать при работе, например, с понятиями «государство», «полезные ископаемые», «здоровье» и др.

Постепенно учащийся учится сам конструировать определение, а не заучивать готовое, не понимая, где признаки, объединяющие его с другими понятиями данного рода, а где его отличительные признаки. Для определения понятия используется формула: «Термин – род + видовые отличия». Например, «История – это наука, изучающая жизнь людей в прошлом». С помощью интерактивной доски можно конструировать задания на восстановления пропущенных элементов, например, «Бронза – это \_\_\_\_\_ меди и олова», «\_\_\_\_\_ – это правитель Древнего Египта». Учащиеся вписывают пропущенные слова или словосочетания, используя маркер. Работа с определениями понятий может быть проведена и в игровой форме – разгадывании кроссворда. Заполнение кроссворда осуществляется одним или несколькими



учениками с помощью инструментов «электронное перо» и «маркер». Ответы и ключевое слово при этом могут быть закрыты «шторкой».

Разнообразие цветов, доступных на интерактивной доске, позволяет, в частности, выделять важные области и привлекать внимание к ним, демонстрировать ход размышления, выполнять задания на классификацию объектов.

Умение классифицировать и обобщать понятия на основе их общих признаков и различий является важной основой умения логически мыслить. Превратить деятельность по формированию этих умений в увлекательный процесс можно также с помощью интерактивной доски. Функция «шторка» в данном случае применяется для поэтапного обобщения понятий. Например, «сиамская кошка» – «кошка» – «млекопитающее» – «животное» – «живое существо».

Выделение или затенение отдельных частей экрана можно использовать для конструирования логических заданий типа «восстановление целого по представленному фрагменту».

Любые действия по перемещению объектов на экране доски дети уже воспринимают как игру. Но интерактивная доска дает возможность реализовать программу игровой деятельности, состоящей из набора развивающих заданий, разнообразных как по содержанию, так и по типу [3-4].

Функция перемещения позволяет классифицировать понятия по разным признакам. Например, на доске представлены изображения орудий труда первобытного человека. Ученик формирует две или более групп, объясняя, почему он так классифицировал, какой признак лежит в основе деления. По такому же принципу можно выделять лишнее понятие. Для этого используются возможности анимации и при нажатии на изображение оно либо исчезает, либо появляется надпись: «Ошибка».

Функция перемещения может также использоваться и для конструирования причинно-следственных связей. В начальной школе это простые задания на формирование умения выстраивать логические связи между изучаемыми объектами, явлениями и процессами. Например, составить пары явление – причина», «явление – следствие»

В 5-7 классе задания усложняются. Учащиеся выстраивают схему связей, при которых явление или событие является и причиной, и следствием. Например, передвигая прямоугольники с вписанным в них текстом и стрелок, можно выстроить причины и последствия военных походов фараонов, составить схему «Возникновение религиозных верований» и т.п.

Интерактивная доска представляет возможности различных вариантов анимации. Например, интерактивное средство «Сортировка

вихрей текста» программного обеспечения Smart Notebook [5], похожее на прием перетаскивания объектов. Путем перемещения слов или изображений младшие школьники могут рассортировать понятия по группам на основе разных признаков: «Дикие животные – домашние животные», «живая природа – неживая природа» и т.п. При верной сортировке «вихри» затачивают правильный ответ, а не верной - возвращается назад.

Интерактивное средство «Текстовая полоска» можно применять для конструирования определения понятия. Если происходит нарушение последовательности слов, появляется на текстовой полоске красный крестик, при верной последовательности появляется галочка зеленого цвета. Так же представляется возможность подсказки.

### **Заключение**

Интерактивная доска – это комплекс оборудования, который позволяет педагогу сделать процесс обучения ярким, наглядным, динамичным, находится в постоянном контакте с классом. Она снижает психологический барьер, позволяя ребенку преодолеть свой страх ответа у доски перед всем классом. Специальных занятий для изучения доски не требуется, дети быстро осваивают приемы работы, просто наблюдая за учителем и своими одноклассниками. С помощью инструментов интерактивной доски можно успешно управлять вниманием учеников, повышать их мотивацию к познавательной деятельности.

Овладение логическими знаниями и умелое их использование на практике помогает учащимся разбираться в закономерностях и взаимосвязях явлений природы, событий общественной жизни, вести аргументированную полемику с оппонентами, доказательно отстаивать истинные суждения. Для формирования логических УУД доска эффективна, так как она позволяет систематизировать знания, дает возможность постоянного практического их закрепления.

### **Список литературы**

1. Приказ Министерства просвещения РФ от 31 мая 2021 г. № 286 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта начального общего образования» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/400807193/>
2. Калитин, С. В. Интерактивная доска. Практика эффективного применения в школах, колледжах и вузах / С. В. Калитин. – М.: Солон-Пресс, 2013. – 192 с.

3. Архипова, Н. И. Использование интерактивной доски / Н.И. Архипова // Начальная школа. – 2015. – № 4. – С.25-26.
4. Веряев, А. А. Интерактивная доска в современной школе: проблема выбора и использования / А. А. Веряев, А. А. Ушаков // Школьные технологии. – 2011. – № 1. – С.134-139.
5. Корюшунова, В В. Методические приемы работы на интерактивной доске средствами Smart Notebook / В. В. Корюшунова // Проблемы современной науки и образования. – 2017. – № 17. – С. 65-73.

## Элементы электронного обучения с использованием графических редакторов

О. А. Валуйская, email: olgavalujskaya@yandex.ru

Т. В. Вострикова, email: vostrickova.t@yandex.ru

В. С. Матющенко, email: matyschenko97@gmail.com

МБОУ «Лицей № 15» города Воронежа

**Аннотация.** *В данной работе представлен обзор различных графических редакторов, рассмотрены области их применения на уроках физико-математического цикла, а также для осуществления проектно-исследовательской деятельности.*

**Ключевые слова:** *Элементы электронного обучения, ИКТ-технологии, графический редактор, программный продукт, эффективность образовательного процесса, функция, график функции, анализ графика, параметрические исследования.*

### Введение

ИКТ-технологии развиваются быстрыми темпами, охватывая все большие области жизнедеятельности человека, в том числе современное образование, которое уже невозможно представить без использования информационных технологий.

Анализ образовательных программ общеобразовательных учреждений, контрольно-измерительных материалов ОГЭ (ЕГЭ) по математике и физике показывает, что у обучающихся должны быть сформированы умения и навыки решения заданий различного вида: качественные, графические, количественные, экспериментальные. Среди них особое место занимают графические задачи. Умение решать графические задачи свидетельствует о достижении не только определенных предметных, но и метапредметных результатов обучения, т.к. выполнение подобных задач требует овладения обобщенных способов деятельности [1-5].

Как правило работа с графиками – это довольно трудоемкий процесс, требующий определенных временных ресурсов. Разумеется, при первичном изучении материала требуется детальная проработка построения графика или тщательное исследование функции, но в дальнейшем для повышения эффективности образовательного процесса, связанного с отработкой навыков решения таких заданий, логично будет применение электронного обучения. Чтобы реализовать эту идею,

необходимо применение интерактивных программ в графическом редакторе.

### 1. Области применения графических редакторов

Перечислим некоторые программные продукты: графические редакторы (калькуляторы) «GeoGebra» и «desmos», сервис для построения графиков «Mathway».

Эти программные продукты должны обладать понятным интерфейсом и удобной навигацией.

Рассмотрим опции этих программ.

Преподавателям математики, физики и информатики довольно хорошо знаком графический калькулятор «GeoGebra». Эта программа позволяет в интерактивном режиме выполнять различные задания на координатной плоскости, изображать векторы и осуществлять действия с ними: сложение, вычитание, параллельный перенос и т.д. Возможно введение в диалоговое окно координат начала и конца вектора, эти точки отобразятся на координатной плоскости и по ним уже можно построить вектор. Если же изначально построить вектор, то в диалоговом окне отобразятся координаты начала и конца вектора.

Предоставляется возможность введения в диалоговое окно сразу нескольких функций, графики которых будут отображены на координатной плоскости. На рис. 1 слева показан вид диалогового окна, в котором введены функции, справа представлены графики этих функций, по которым нужно выполнить какое-либо задание или провести исследование.

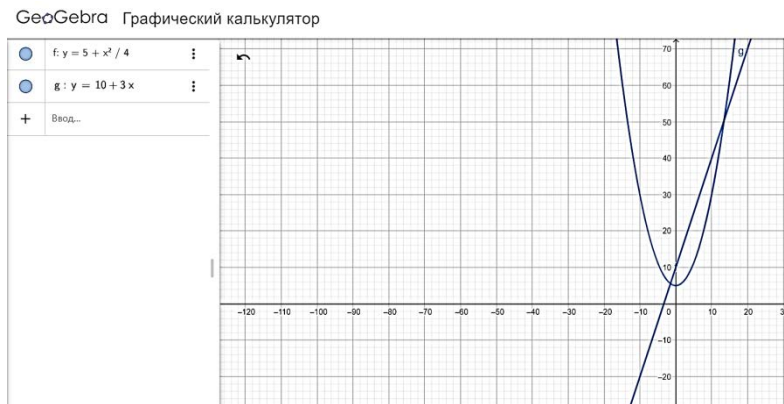


Рис. 1. Графики функций в графическом редакторе «GeoGebra»

Стоит сказать несколько слов еще об одном продукте с аналогичными возможностями. Это сервис для построения графиков «Mathway», в котором как показано на рис. 11 также окно для ввода функций находится слева, графики справа.

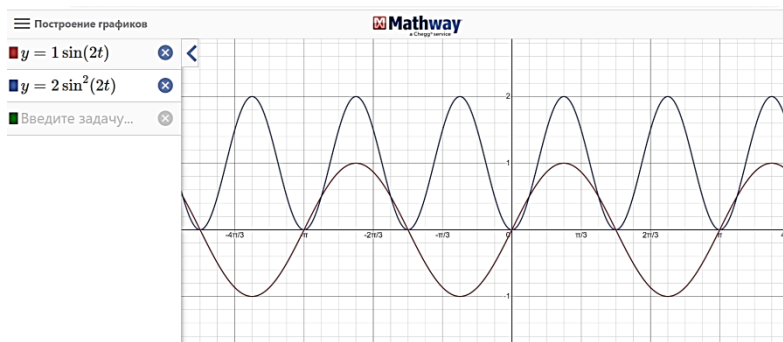


Рис. 2. Графики тригонометрических функций в графическом сервисе «Mathway»

Навыки построения графиков тригонометрических функций, умения преобразовывать уравнение в графики и наоборот, является крайне важным при изучении механических и электромагнитных колебаний в физике. Обучающимися достаточно трудно воспринимается вопрос, связанный с различием частот колебаний координаты и потенциальной энергии, скорости и кинетической энергии. На рисунке показаны особенности изменения скорости и кинетической энергии тела при гармонических колебаниях, где отчетливо видно, что частота колебаний энергии в два раза превышает частоту колебаний скорости.

Графический калькулятор «desmos» более разнообразен и интерактивен, процессы можно наблюдать как в статичном режиме, так и в динамике. Продукт имеет явно выраженный прикладной характер.

Эта программа позволяет найти в меню определенный вид функции, которую можно отредактировать согласно поставленной задаче.

В диалоговое окно можно ввести табличные данные, по которым будет выстроен график. Анализ особенностей этого графика позволяет определить вид функциональной зависимости. Этот прием применяется при проведении параметрических исследований в ходе осуществления проектно-исследовательской деятельности учащихся.

Понятия окружности, эллипса, круга часто встречаются в математике, физике и астрономии. На основе тригонометрической

окружности (круга) изучаются тригонометрические функции, движение тела по дугам окружности и вращательное движение. На рис. 3 представлено каноническое уравнение окружности, радиус-вектор, по его положению определяют значения синуса и косинуса угла  $60^\circ$ .

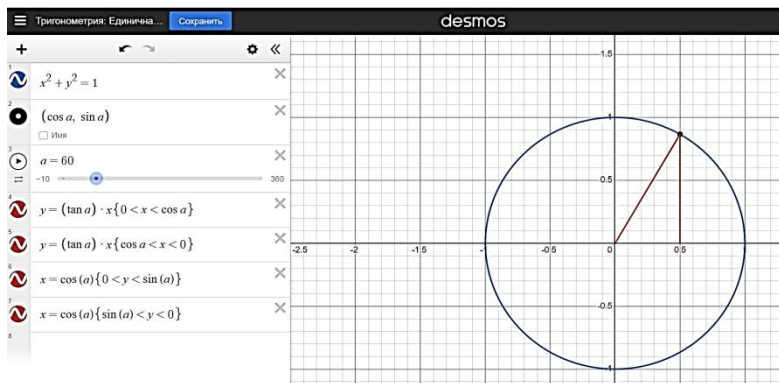


Рис. 3. Тригонометрическая единичная окружность в графическом редакторе «desmos»

В курсе физике и астрономии изучаются законы Кеплера, дающие представления о траектории движения планет. Для этого из курса математики рассматриваются необходимые понятия: эллипс, фокусы эллипса, эксцентриситет. В динамике можно наблюдать как параметры сжатия окружности преобразуют ее в эллипс, окажут влияние на положение фокусов эллипса.

В редакторе «desmos» также возможно построение графиков тригонометрических функций, которые имеют ценность для уроков физики. В интерактивном режиме выполняется отработка и уточнение понятий: амплитуда, период, частота и фаза колебаний. Хорошо представлено явление интерференции волн.

Хотелось бы обратить внимание на интересные объекты, предложенные авторами и полученные на основе полярных координат: логарифмическая спираль, улитка Паскаля, полярная роза, конические сечения. Изучение подобных объектов может быть положено в основу индивидуальной проектно-исследовательской деятельности обучающихся по математике.

### Заключение

Обзор подобных программ показывает, что они имеют достаточно большой спектр применения не только в рамках уроков при изучении и

закреплении материала, но и для выполнения творческих домашних заданий, а также для выполнения индивидуального проекта или исследования по различным предметным областям: математика, физика, астрономия.

Возможности, предоставляемые редактором, полезны для создания математической модели и представления результатов параметрического исследования при решении задач турниров юных физиков, естествоиспытателей.

Таким образом элементы электронного обучения помогают дополнительно мотивировать учащихся к самообучению, способствуют построению индивидуальной траектории обучения, раскрывают творческий потенциал обучающихся.

### **Список литературы**

1. Андресен, Б. Б. Мультимедиа в образовании : специализированный учебный курс / Бент Б. Андресен, Катя ван ден Бринк. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва : Дрофа, 2007. – 221 с..
2. Демкин, В. П. Технологии дистанционного обучения / В. П. Демкин, Г. В. Можаяева; Томск: Изд-во Том. ун-та, 2003. – 106 с.
3. Масленникова, О. Н. Работа с электронной формой учебника [Текст]: методическое пособие / О. Н. Масленникова; М.: Дрофа, 2016. – 51 с.
4. Сергеева, В. П. Инновации в образовательном процессе [Текст] : учебно-методическое пособие для студентов и аспирантов высших учебных заведений / В. П. Сергеева, Л. С. Подымова. – Москва : УЦ «Перспектива», 2013. – 180 с.
5. Крылова, О. Н. Новая дидактика современного урока в условиях введения ФГОС ООО: Методическое пособие / О. Н. Крылова, И. В. Муштавинская. – СПб.: КАРО, 2014. – 144 с.



## **Контроль успеваемости студентов при реализации образовательных технологий на основе SMART системы графического образования**

А. Н. Ивлев, e-mail: alexivlev@rambler.ru <sup>1</sup>

О. В. Терновская, e-mail: olgaternovskay@yandex.ru <sup>1</sup>

Е. Ю. Терновская, e-mail: j-catherina@mail.ru <sup>1</sup>

А. С. Павлов, e-mail: olgatern2015@yandex.ru <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Воронежский государственный технический университет

<sup>2</sup> ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора

Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», г. Воронеж

**Аннотация.** *Рассматриваются особенности контроля успеваемости студентов при изучении графических дисциплин, приведена структура автоматизированной системы контроля знаний студентов, которая является одной из подсистем SMART системы графического образования*

**Ключевые слова:** *SMART система графического образования, автоматизированная система контроля знаний студентов, образовательная траектория.*

### **Введение**

Изучение студентами графических дисциплин направлено на освоение компетенций, которые позволят в их дальнейшей профессиональной деятельности читать и создавать документы, содержащие графическую информацию, необходимую для получения представления об объекте, процессе или явлении.

Графическая информация сегодня – это информация, представленная как в цифровом виде, так и виде материальной копии (лист бумаги, холст, картон, камень и т. д.). Многообразие носителей графической информации приводит к необходимости изложения в рамках одной дисциплины учебного материала, связанного с выполнением графических построений как на бумаге, с использованием карандаша, так и в электронном виде, с использованием средств компьютерной графики [1-3]. Итогом изучения графической дисциплины является одинаковое владение как навыками ручной, так и компьютерной графики. В условиях необходимости подобного объединения ручной и компьютерной графики, особенно в связи с сокращением количества времени, отводимого на преподавание графических

дисциплин, целесообразной является реализация образовательных технологий с использованием SMART системы графического образования [4].

### **1. Подсистема автоматизированного контроля знаний студентов**

В настоящее время информационные технологии активно внедряются в учебный процесс многих дисциплин, например, связанных с программированием, электроникой [5], физической культурой [6], инженерной графикой [7]. Разработка систем автоматизации учебного процесса строится на основе задач, решаемых конкретной дисциплиной, и с учетом ее специфики.

SMART система графического образования включает ряд компонентов, позволяющих осуществлять индивидуализацию образовательного процесса, на основе реализации индивидуальной образовательной траектории [4,7-9]. Результаты освоения каждого этапа образовательной траектории должны быть проконтролированы и зафиксированы в соответствующей базе данных. Для реализации этих функций в структуре SMART системы графического образования предусмотрена в качестве подсистемы автоматизированная система контроля знаний студентов (АСКЗС).

Задачами АСКЗС являются:

- занесение, хранение результатов тестирования каждого студента, как по разделам курса, так и по курсу обучения в целом;
- занесение, хранение результатов проверки расчетно-графических, лабораторных и практических заданий по разделам курса;
- занесение, хранение результатов экзамена и/или зачета;
- обработка результатов тестирования, проверки расчетно-графических, лабораторных и практических заданий каждого студента и группы обучаемых, как по разделам курса, так и по курсу в целом.

На рисунке представлена структурная схема системы автоматизированного контроля знаний студентов. В состав АСКЗС входят: базы данных, блок обработки результатов контроля, блок формирования образовательной траектории.

База данных АСКЗС предназначена для хранения результатов поэтапного и итогового контроля успеваемости студентов. Занесение информации в базу данных осуществляется преподавателем после проведения промежуточной и итоговой аттестации, а также в автоматическом режиме после проведения тестирования студентов по разделам дисциплины или по всему курсу в целом. На основе расчетов, выполненных блоком обработки результатов контроля, блок формирования образовательной траектории определяет текущий этап образовательной траектории [8, 9].

Вопросы, связанные с расчетом результатов успеваемости студентов в процессе реализации образовательных технологий, в том числе с применением компьютерной техники, рассмотрены в работах российских и зарубежных ученых [10-12].

Для получения информации о текущей успеваемости группы студентов блоком обработки результатов контроля АСКЗС осуществляется также расчет укрупненных показателей освоения дисциплины.

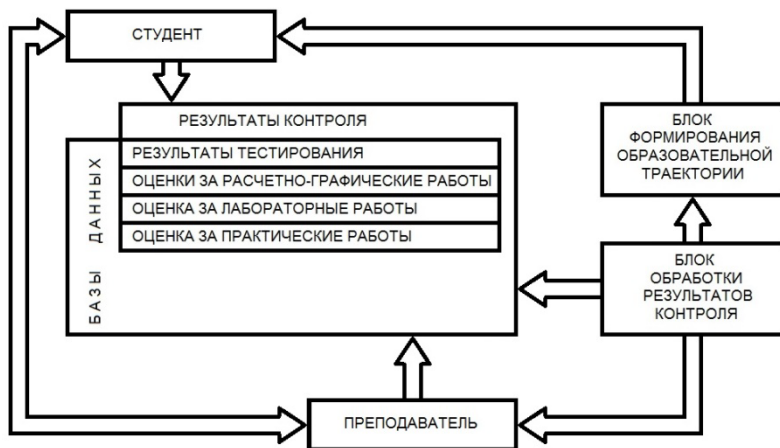


Рисунок. Структурная схема автоматизированной системы контроля знаний студентов (АСКЗС)

К укрупненным показателям группы студентов следует отнести успеваемость группы, качество знаний группы и средний балл группы.

Успеваемость группы студентов по результатам тестирования рассчитывается как отношение количества студентов, набравших более 41 балла по результатам тестирования, к общему количеству студентов в группе.

Успеваемость группы студентов по результатам проверки расчетно-графических работ рассчитывается как отношение количества студентов, аттестованных на оценку «удовлетворительно» и более по результатам проверки расчетно-графических работ, к общему количеству студентов в группе.

Аналогично рассчитываются показатели успеваемости группы студентов по результатам проверки практических работ, лабораторных работ и экзамена.

Успеваемость группы студентов по результатам зачёта рассчитывается как отношение количества студентов, аттестованных на оценку «зачтено», к общему количеству студентов.

Качество знаний группы по результатам тестирования рассчитывается как отношение количества студентов, набравших более 76 баллов по результатам тестирования, к общему количеству студентов.

Качество знаний группы студентов по результатам проверки расчетно-графических работ рассчитывается как отношение количества студентов, аттестованных на оценки «хорошо» и «отлично» по результатам проверки расчетно-графических работ, к общему количеству студентов.

Аналогично рассчитываются показатели качества знаний группы студентов по результатам проверки практических работ, лабораторных работ и экзамена.

Также блоком обработки результатов контроля осуществляется расчет таких показателей как: средний балл по результатам тестирования, средний балл группы студентов по результатам тестирования, средний балл группы студентов по результатам проверки расчетно-графических работ, средний балл группы студентов по результатам проверки практических работ, средний балл группы студентов по результатам проверки лабораторных работ.

### **Заключение**

Наличие АСКЗС в структуре SMART системы графического образования позволит освободить преподавателя от рутинной работы проведения статистической обработки данных успеваемости студентов, позволяя преподавателю сконцентрироваться на более важных аспектах педагогической деятельности, особенно когда речь идет о преподавании графических дисциплин, поскольку оценка расчетно-графических работ, независимо от формы их представления (электронная или бумажная копия) требует тщательной визуальной проверки, а в ряде случаев и пояснений авторов работ. В то время как тестирование и обработка результатов тестирования может быть поручено ЭВМ.

Обработка информации об успеваемости конкретного студента на каждом этапе индивидуальной образовательной траектории необходима для определения возможности перехода к следующему этапу, поскольку при изучении дисциплин графического профиля каждая последующая тема включает в себя весь предыдущий материал, поэтому анализ успеваемости на каждом этапе образовательной траектории – это показатель возможности освоения следующего материала. Помимо этого, анализ успеваемости группы студентов

на каждом этапе образовательной траектории – показатель уровня сложности материала данного этапа.

### Список литературы

1. Вадимов, В. В. Информационные технологии при изучении инженерной графики / В. В. Вадимов, М. Н. Кузьмичева, Т. Н. Емелина // Лесной и химический комплексы – проблемы и решения : сборник статей по материалам всероссийской научно-практической конференции, Красноярск, 09 декабря 2016 года : в 2 т. Т. 2. – Красноярск : Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева», 2016. – С. 259–261.

2. Мороз, О. Н. Применение современных информационных технологий для повышения уровня подготовки по инженерной и компьютерной графике / О. Н. Мороз // Современное образование: содержание, технологии, качество. – 2021. – Т. 1. – С. 126–127.

3. Басова, Н. В. Обучение студентов-нефтяников инженерной графике с использованием информационных технологий / Н. В. Басова // Проблемы и перспективы развития образования в России. – 2010. – № 6. – С. 121–123.

4. Ивлев, А. Н. Концепция SMART системы графического образования / А. Н. Ивлев, О. В. Терновская // Информатика: проблемы, методология, технологии : Сборник материалов XIX международной научно-методической конференции, Воронеж, 14–15 февраля 2019 года / Под ред. Д. Н. Борисова. – Воронеж : Издательство «Научно-исследовательские публикации» (ООО «Вэлборн»), 2019. – С. 1996–2000.

5. Молодых, А. А. Разработка программно-аппаратного комплекса для частичной автоматизации образовательного процесса по дисциплинам программирования и электроники / А. А. Молодых, Р. М. Ковалев // Теплотехника и информатика в образовании, науке и производстве : сборник докладов VIII Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных (ТИМ'2019) с международным участием, Екатеринбург, 16–17 мая 2019 года / Министерство науки и высшего образования и Российской Федерации, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, Институт новых материалов и технологий, Кафедра «Теплофизика и информатика в металлургии». – Екатеринбург : ООО АМК «День РА», 2019. – С. 270–274.

6. Ботагариев, Т. А. Опыт реализации информационных технологий в учебном процессе со студентами специальности «физическая культура и спорт» / Т. А. Ботагариев, С. С. Кубиева, Н. Мамбетов // Здоровье человека, теория и методика физической культуры и спорта. – 2019. – № 4(15). – С. 56–69.

7. Ивлев, А. Н. Использование информационных технологий в преподавании дисциплин графического цикла / А. Н. Ивлев,

О. В. Терновская // Информатика: проблемы, методология, технологии : материалы XV Международной научно-методической конференции, Воронеж, 12–13 февраля 2015 года / Министерство образования и науки РФ, Воронежский государственный университет, Факультет компьютерных наук, Торгово-промышленная палата Воронежской области, Департамент образования, науки и молодежной политики Воронежской области, Департамент связи и массовых коммуникаций по Воронежской области. – Воронеж : Воронежский государственный университет, 2015. – С. 140–142.

8. Ивлев, А. Н. Методическая составляющая SMART системы графического образования / А. Н. Ивлев, О. В. Терновская // Информатика: проблемы, методы, технологии : Материалы XX Международной научно-методической конференции, Воронеж, 13–14 февраля 2020 года / под ред. А. А. Зацаринного, Д. Н. Борисова. – Воронеж : «Научно-исследовательские публикации» (ООО «Вэлборн»), 2020. – С. 2111–2115.

9. Тарасова, С. А. Индивидуальная образовательная траектория обучения в электронно-информационной среде образовательной организации / С. А. Тарасова // Наука и Образование. – 2021. – Т. 4. – № 4.

10. Рыбаков, М. Д. Комплекс электронных таблиц для балльно-рейтинговой оценки успеваемости / М. Д. Рыбаков // Генезис научных воззрений в контексте парадигмы устойчивого развития : Сборник научных статей по итогам Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 30–31 марта 2018 года. – Санкт-Петербург : Общество с ограниченной ответственностью «Редакционно-издательский центр «КУЛЬТ-ИНФОРМ-ПРЕСС», 2018. – С. 94–115.

11. Кондаурова, Л. А. Рейтинговая система оценки знаний студентов как форма текущего контроля их успеваемости / Л. А. Кондаурова // Актуальные проблемы модернизации высшей школы : Материалы Международной научно-методической конференции, Новосибирск, 06–07 февраля 2014 года / Сибирский государственный университет путей сообщения, НТИ – филиал МГУДТ. – Новосибирск : Сибирский государственный университет путей сообщения, 2014. – С. 91–94.

12. Чигарина, Е. И. Система рейтинговой оценки текущей успеваемости студентов СГАУ / Е. И. Чигарина, Д. С. Оплачко // Перспективные информационные технологии : труды Международной научно-технической конференции, Самара, 04–06 декабря 2013 года / Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С. П. Королева. – Самара : Самарский научный центр РАН, 2013. – С. 452–454.

## **Виртуальный помощник как средство обучения в формате дистанционного обучения**

А. М. Измайлова, email: izmajlova.2012@mail.ru

ФГБОУ Воронежский государственный университет

**Аннотация.** *Рассматриваются достоинства дистанционного образовательного контента в подготовке к единому государственному экзамену перед другими. Цель работы создать новое видения на проблему онлайн-образования. Делается вывод по итогам реализации новой модели в образовании – виртуальный помощник и ученик.*

**Ключевые слова:** *онлайн-образование, контент, единый государственный экзамен, онлайн-марафон, виртуальный помощник.*

### **Введение**

Информационно-коммуникационные технологии прочно входят в сферу деятельности человека. В системе высшего образования единый государственный экзамен (ЕГЭ) создает конкурентную борьбу за места в престижные вузы страны. Во многом с развитием дистанционного формата обучения возникает конкурентная борьба за места в области овладения навыками подготовки к ЕГЭ, ОГЭ и другим экзаменам дистанционным образом. Огромное количество сайтов и онлайн марафонов по поводу реализации занятий по решению задач ЕГЭ с полными разборами.

В настоящее время имеется много информационных контентов по подготовке образовательного назначения. В большинстве из них рассматривается организация формирования образовательного контента с учётом знаний и умений конкретного обучающегося. Также остаются рассмотренными вопросы формирования образовательного контента с учётом осваиваемого направления подготовки пользователя, а именно задач универсального решения.

Подготовкой образовательного контента в основном занимаются молодые люди, которые сформировали навыки работы с образовательным материалом по дисциплине в соответствии с профессионально-ориентированными требованиями подготовки. Мы также можем заметить тенденцию, что студенты или ученики сдавшие ЕГЭ стараются дальше передать свои знания в русло движения своих учеников. Это хорошо видно на естественных науках, например, информатика.

Существующая система учитель-ученик образовательного назначения нуждаются в совершенствовании функциональных возможностей, поэтому имеет место следующая актуальная задача – разработка нового информационного контента, который сформирует логику новых задач в образовании, в соответствии с профессионально-ориентированными требованиями направления подготовки.

### **1. Виртуальный помощник как средство обучения в формате дистанционного обучения**

Для полного погружения в проблему можно сделать разбор классического метода подготовки к итоговой аттестации, например, по информатике с учителем и подготовки с онлайн-контентом (в нашем случае виртуальным помощником), который реализует в своей основе образовательную цель. Имеем следующее: в таблице были написаны принципы образовательного процесса, с которыми сталкивается ученик в ходе своего обучения, в первом случае, где модель учитель и ученик и во втором случае, где виртуальный помощник, как мы назвали онлайн-курс по экзамену, заменяет учителя. Еще раз уточним понятие виртуальный помощник – это помощник, который создает онлайн-курс по обучению экзамену по предмету (информатика), это может быть реальный человек, может быть виртуальный герой, который помогает обработать материал, либо группа людей, которая как единая команда выкладывает в интернет свою группу, где имеются готовые материалы по подготовке.

В итоге таблица показывает следующие закономерности: четко прослеживается система «онлайн-помощник» (классическая система) и система «онлайн-помощник» (виртуальный помощник и ученик). Две системы, как мы и пытались доказать ничем не отличаются, а наоборот в некоторых вопросах превосходит ее по многим показателям.

Современное поколение лучше разбирается в видеоконтентах и онлайн-сетях, чем запоминает сухие правила из книг, как отмечают ведущие психологи [1]. Новое поколение перестает воспринимать печатный текст, как показали исследования [2], отмечается следующее, что в библиотеку обращается каждый десятый студент, когда еще в 2010 году туда обращался каждый пятый. Этот кризис печатного и электронного контента дает новый уровень информационных ресурсов, который при высоком уровне реализации будет иметь большой успех у обучающихся, как раз этот факт отчетливо прослеживается на статистике подготовки к итоговой аттестации (ЕГЭ, ОГЭ), современное поколение старается готовится самостоятельно и избегать репетиторов, поскольку вся информация есть в интернете и ее легко найти [3].



*Принципы образовательного процесса в моделях «учитель-ученик» и «виртуальный помощник-ученик»*

<b>Принципы дидактики</b>	<b>Учитель-ученик</b>	<b>Виртуальный помощник – ученик</b>
Наглядности	Наглядность зависит от дидактического материала, который предложит преподаватель на уроке.	Безграничные возможности
Систематичности и	Освещаются темы, которые есть в плане урока или используются полезные темы, необходимые для сдачи экзамена.	Есть возможность отойти от онлайн-контента и вспомнить любую тему.
Целенаправленности	Ставится цель	Ставится цель
Доступности	Не всегда доступно	Всегда доступно
Научности	Не всегда соблюдается, тяжело проверить.	Всегда соблюдается, поскольку можно легко проверить
Сознательности и активности	Не всегда от ученика идет сознательность и активность	Не всегда от ученика идет активность, а сознательность почти всегда, поскольку ему контент не навязывается

Конечно, доля репетиторства никак не снижается, но это большая проблема, которая стала решаться через самостоятельную подготовку, именно поэтому многие молодые люди ведут свои курсы онлайн, поскольку реализация такого уровня образования в затратах минимальна, необходим только выход в Интернет. Это могут быть самые разнообразные сервисы: you-tub каналы, zoom конференции и даже созданные на moodle курсы.

Данная перспектива затронула дистанционное образование, которое имело отправную точку время пандемии. Именно этот период считается расцветом онлайн-курсов и заменой сложных задач элементарными, которые иногда превосходят свои решения по границам. Многие видные педагоги считают [4], что именно пандемия создала почву к реализации нового пути в дистанционном образовании. Однако, как можно заметить из нашей таблицы, подмены в дидактике не

случилось. Образование, как основывалось на основных принципах обучения, так и до сих пор основывается. Причем если разобраться глубже, то принципы обучения не потеряли свой смысл, а наоборот приобрели новые перспективы. Значит можно сделать вывод, что педагогика встала на новый уровень в своем развитии, как физика в свое время поменяла курс с механики Ньютона на теорию относительности Эйнштейна.

Этот поворот, разумеется, связан с пандемией, однако есть свои перспективы в реализации эффективности работы самих педагогов: вырос творческий потенциал педагогов, поменялись возможности и средства обучения, выросла ИКТ-грамотность учителей, замена сложных задач на простые и более ясные и как главное следствие снижение бумажной работы педагога.

В итоге реализация модели «ученик-виртуальный помощник» стала реальной и выявила следующие качества: простота – доступность – интерактивность. Эти три звена должны в будущем стать новыми принципами дидактики дистанционного образования.

### **Заключение**

Проведенное моделирование процесса обучения позволяет повысить эффективность функционирования информационной системы образовательного назначения за счет внедрения возможности формирования профессионально-ориентированного контента для различных направлений подготовки с учётом дифференцированных коэффициентов [5].

Дистанционное образование отражает основные данные, задействованные ресурсы и управляющие воздействия. Такими данными являются, индивидуализированные для направления подготовки рабочая программа и УМК, процесс формирования которых выполняется под регламентацией управляющей информации из ФГОС, учебного плана, положения об УМК, и в соответствии с методологией подготовки и способами представления.

Конечно, наравне с огромными возможностями, остаются проблемы, которые нужно решать в рамках данного подхода. С уверенностью можно сказать, что в ближайшей перспективе онлайн-образование не сможет вытеснить высшее университетское, поскольку нет прикладного потенциала, есть только разбор сложного простым языком, но нет ни подготовки к методике ведения уроков педагогами, нет экспериментального осознания законов в единстве теории и практики. Скорей всего пока это и будет на уровне подготовительных курсов к ОГЭ и ЕГЭ, где их возможности безграничны, но не всей системы образования.

### Список литературы

1. Архипов, А. С. Система дистанционного обучения / А. С. Архипов // Вестник науки. – 2020. – Т. 1. – № 6. – С. 7-13.
2. Давлетова, А. А. Дистанционное обучение / А. А. Давлетова, О. А. Алексеев // Достижения науки и образования. – 2021. – № 1 (73). – С. 35-38.
3. Дивисенко Л. Я. К вопросу о дистанционном обучении / Л. Я. Дивисенко, О. И. Сочивко // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2021. – № 11 (201). – С. 123-126.
4. Матюшенко, С. В. Культура дистанционного обучения / С. В. Матюшенко // Академическая мысль. – 2022. – № 3 (20). – С. 58-66.
5. Шатуновский В. Л. Ещё раз о дистанционном обучении (организация и обеспечение дистанционного обучения) / В. Л. Шатуновский, Е. А. Шатуновская // Вестник науки и образования. – 2020. – № 9-1 (87). – С. 53-56.

# Способы и техники работы с файлами материалов по русскому языку перед загрузкой на цифровую образовательную платформу «Дневник.ру»

М. Н. Князев, email: maksim.kniazeff2012@yandex.ru<sup>1</sup>

<sup>1</sup> МБОУ СОШ № 47 г. Воронеж

**Аннотация.** В данной статье излагаются способы и техники конвертации файлов для их безопасной загрузки в информационную базу цифровой образовательной платформы «Дневник.ру».

**Ключевые слова:** Файловая система, конвертация файлов, загрузка, «Дневник.ру», диалоговое окно, функционал программы.

## Введение

Цифровая образовательная платформа «Дневник.ру» - площадка, на которой работает каждая вторая школа России: свыше 900000 преподавателей, 8,5 миллионов учащихся, 4,5 миллиона родителей зарегистрированы на ней и ежедневно просматривают страницы этого электронного ресурса. Родители отслеживают образовательные успехи своего ребёнка, его увлечения; осуществляют оперативную связь с учителями; преподаватели пользуются сервисом благодаря современным технологиям автоматизации образовательного процесса и инструментам обучения онлайн; учащиеся ценят «Дневник.ру» за возможность проявить своё творчество, за предоставление всего необходимого для учёбы, внеклассной работы, самовыражения, общения с учителями и сверстниками. Кроме этого, «Дневник.ру» - это обширная база данных с учебными достижениями учащихся школ России, хранящая и обрабатывающая информацию с 2009 года по настоящее время.

Платформа хранит информацию в своей файловой системе. Одним из её функционалов является возможность загрузки, хранения и скачивания файлов различного объёма и типа, их обмен между пользователями системы. Не все файлы, однако, можно на платформу загрузить.

### 1. Объект, предмет, цели и задачи, методы исследования, исследовательская база, источник данных

В настоящей работе мы поставили перед собой цель - выявить способы оптимизации работы с файлами с материалами по русскому

языку для их представления в цифровую образовательную платформу «Дневник.ру».

В ходе работы решались следующие **задачи**:

1. установить перечень типов и размер файлов, возможных для загрузки в систему;
2. установить перечень электронных ресурсов, способных осуществлять онлайн-работу с файлами;
3. установить технику работы с файлами на электронных ресурсах в системе Интернет.

Иными словами, мы получили ответы на вопросы: какие файлы следует конвертировать, где конвертировать и как.

**Источник** полученных данных – информационно-коммуникационная сеть Интернет.

В своей работе мы использовали следующие **методы**:

1. метод эксперимента, позволяющий изучить возможности цифровой платформы «Дневник.ру» в части обработки файлов с контентом по русскому языку.
  - метод изучения функционала электронных ресурсов, способных осуществлять онлайн-работу с файлами.
4. теоретический анализ – анализировались полученные данные, группировались, систематизировались, устанавливались методы работы с файлами на электронных платформах.

## **2. Результаты проведённого исследования**

Все необходимые файлы в рамках подготовки к уроку по своему предмету учитель русского языка и литературы может загрузить на платформу «Дневник.ру» четырьмя способами:

1. на странице класса, нажав на главной странице учителя <https://dnevnik.ru/teachers> кнопку «Моя школа», выбрав вкладку «Классы», затем нужный класс и нажав на кнопку «Добавить файл (до 20 Мб)».

2. непосредственно со страницы поурочного плана, нажав на кнопку «Запись для класса» и выбрав в появившемся окне опцию «Добавить файл (до 20 Мб)».

3. со страницы урока. Выход на страницу урока осуществляется нажатием даты запланированного урока в поурочном плане, затем кнопки «Выберите файл».

4. со страницы журнала класса по выбранному преподаваемому предмету. Напротив фамилии каждого ученика в журнале есть значок «Самолётик», нажав на который пользователь попадает в чат (личные сообщения) с этим учащимся. В диалоговом окне есть значок

«Скрепка», нажатие которой приводит к запуску процедуры загрузки файла.

Какой бы способ загрузки файла ни выбрал пользователь, процедура осуществляется через диалоговое окно, в котором представлены файлы и папки, записанные в файловой системе компьютера. Пользователь нажатием мышки выбирает файл, нажимает кнопку «Открыть», затем кнопку «Загрузить».

Системе «Дневник.ру» можно представлять картинки, аудио, видео, документы, архивы, электронные книги, то есть информацию следующих форматов:

- картинки: JPG (JPEG), PNG;
- видео: MP4, FLV, AVI, WMV, MPG, MOV, MKV, 3GP, OGV;
- аудио: MP3;
- документы: DOC (DOCX), XLS (XLSX), PPT (PPTX), TXT, RTF, PDF, ODT, ODF, ODP, ODS, ODG;
- архивы: ZIP, RAR, TAR, GZ, BZ2;
- электронные книги: EPUB, MOBI, FB2.

Размер файла не должен превышать 20 МБ, следовательно, если пользователь хочет загрузить в систему архив с типом .7z, то получит отказ. Как быть?

Одним из способов работы с файлами для их представления в цифровую образовательную платформу «Дневник.ру» является их конвертация. Конвертация – это преобразование данных из одного формата в другой обычно с сохранением основного логически-структурного содержания информации [1].

Конвертацию файлов осуществляют программы-конвертеры, многие доступны в Интернет для запуска процедуры конвертации онлайн, то есть не устанавливаясь непосредственно на компьютер [2]. В случае, упомянутом нами выше, достаточно в поисковой строке браузера задать «7z to zip converter online», и браузер покажет до нескольких десятков ссылок на онлайн-конвертеры, способные преобразовать файловую информацию, причём как раз нужного нам типа. В нашем случае это цифровые платформы Convertio.co, CloudConvert.com, online-convert.com, freeconvert.com, anyconv.com, zamzar.com, convertman.com и другие.

Все платформы предлагают пройти процедуру регистрации и выбрать себе аккаунт для работы, однако можно конвертировать файлы и не регистрируясь. В этом случае платформа, как правило, задаёт лимит количества файлов на преобразование за сутки и в некоторых случаях – лимит размера файла для преобразования. Некоторые платформы не имеют русскоязычной версии.

Рассмотрим в действии функционал программы-конвертера Convertio.co. Это многофункциональный онлайн-конвертер, способный выполнить преобразование файлов практически всех типов в файлы всех типов, даже конвертировать видео в аудио, презентацию .ppt в документ MSWord, файлы MSWord в картинки .jpg, .jpeg [3]. Допустим, нам требуется получить картинки страниц документа MSWord для загрузки в «Дневник.ру», потому что мобильные телефоны некоторых пользователей Дневника не открывают файлы MSWord, а только картинки, к тому же если размер файла превышает 20 МБ и не загружается в Дневник.

В поисковой строке браузера набираем «doc to jpg converter online», в появившемся перечне ссылок выбираем Convertio.co, кликаем мышкой по ссылке, и нужная нам функция конвертера появляется автоматически. На сайте мы нажимаем кнопку «Выберите файлы». Процедура загрузки файла для конвертации осуществляется через диалоговое окно, в котором представлены файлы и папки, записанные в файловой системе компьютера. Пользователь нажатием мышки выбирает файл с расширением .doc, .docx или с ярлыком MSWord, нажимает кнопку «Открыть», затем видит надпись «Подготовлено», имя своего файла и нажимает кнопку «Конвертировать». Максимальный размер файла составляет 100 МБ, при его превышении система предложит регистрацию на сайте <https://convertio.co/ru>. При необходимости можно добавить ещё файлы из Google Drive, Dropbox или с компьютера, смотреть подсказки сайта. Сайт также предложит место сохранения преобразованных файлов. Затем пользователь нажимает кнопку «Скачать» и спустя некоторое время видит надпись «Завершено». По умолчанию файлы jpg-типа будут загружены в папку «Загрузки» основного диска компьютера в виде архива. Во время конвертации не рекомендуется закрывать браузер или свёртывать его окно, иначе скачивание произойдёт некорректно. Также не рекомендуется оставлять в программе копии преобразованных файлов, иначе программа включит их в лимит. Файлы следует удалить. Для удаления файлов из системы, не выходя из программы, нажимают вкладку «Мои файлы» и крестик напротив строчки с именем файла.

Далее пользователь открывает папку «Загрузки» основного диска компьютера, кликает мышкой по архиву, открывается диалоговое окно zip-архиватора, который преобразует архив в файлы-картинки. В этом архиваторе также можно выбрать папку, в которую файлы-картинки будут сохранены.

### **Заключение**

Преобразованные для «Дневника.ру» файлы могут быть большого размера. В сети Интернет располагаются программы, способные выполнить сжатие файлов онлайн на сайтах: [iloveimg.com](http://iloveimg.com), [compressjpeg.com](http://compressjpeg.com), [online-convert.com](http://online-convert.com), [compress2go.com](http://compress2go.com) и др. Достаточно набрать в поисковой строке браузера «сжать jpg онлайн», и браузер покажет до нескольких десятков ссылок на онлайн-компрессоры.

Таким образом, получить файлы нужного размера и типа онлайн для цифровой образовательной платформы «Дневник.ру» в настоящее время не является невозможным даже при наличии определённых ограничений.

### **Список литературы**

1. Википедия «Академик» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/392342>
2. Мир познаний: Что такое конвертирование файлов [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://deepcloud.ru/articles/chto-takoe-konvertirovanie-faylov>
3. Обзор Convertio - особенности, плюсы и минусы, цены и альтернативы [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.topsevenreviews.com/ru/convertio-review/>



## **Виртуальные лабораторные и практические работы на уроках математики**

Л. Н. Копалиани, email: ramaz-kopaliani@yandex.ru

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение  
«Средняя общеобразовательная школа №25 с углубленным изучением  
отдельных предметов имени Героя Советского Союза Б.И. Рябцева»  
г. Россоши Россошанского муниципального района Воронежской  
области

**Аннотация.** *Существует различные способы повышения доступности и качества образования. Один из таких методов - применение в процессе образования электронных образовательных ресурсов (ЭОР). Практические/лабораторные работы позволяют наглядно демонстрировать сложные научные явления и закономерности путем интерактивной визуализации, проводить виртуальные опыты, эксперименты, исследования.*

**Ключевые слова:** *практические/лабораторные работы, опыты, эксперимент.*

### **Введение**

Существует различные способы повышения доступности и качества образования. Один из таких методов я использую при организации учебной деятельности на уроках математики: применение в процессе образования электронных образовательных ресурсов (ЭОР). Данный приём позволяет не только развивать образовательные технологии, но и формировать новые формы обучения (электронное, мобильное, смешанное и др.), приводит к созданию инновационных электронных образовательных ресурсов и расширяет доступ к ним широкого круга обучающихся с использованием сети Интернет.

Обучающиеся не могут рассчитывать на раз и навсегда полученные знания и навыки, так как стремительно меняется спектр задач, жизненные сферы, социальные отношения, в рамках которых необходимо себя реализовать. Для успешного функционирования в обществе нужно уметь использовать знания и полученные компетенции для решения жизненно важных задач, самостоятельно мыслить и функционировать в сложном мире. Всё это и включается в понятие функциональной грамотности, то есть человек должен обладать

максимальной гибкостью, способностью адаптироваться к меняющимся требованиям.

В настоящее время школа пока ещё продолжает выпускать в жизнь человека обученного, тогда как сегодняшнее, информационное общество запрашивает человека обучаемого, способного самостоятельно учиться и многократно переучиваться в течение постоянно удлиняющейся жизни, готового к самостоятельным действиям и принятию решений.

### **1. Виртуальные лабораторные и практические работы на уроках математики**

В стандартах ФГОС ООО, в примерных программах по математике (базовый и углубленный уровни) обозначена необходимость использования ИКТ в процессе обучения как средство повышения эффективности образовательного процесса; особое внимание уделено метапредметным результатам, поскольку именно они обеспечивают более качественную подготовку обучающихся к самостоятельному осознанному решению проблем, с которыми встречается каждый человек на разных этапах своего жизненного пути в условиях быстро меняющегося общества [1].

Таким образом, электронно-образовательные ресурсы, как часть информационно-коммуникативной технологии, занимают важное место в процессе современного обучения.

Такой вид работы как лабораторная или практическая редко используется на уроках математики, чаще они применяются на уроках естественнонаучного цикла (физики, химии, биологии). Методисты, педагоги школ активно создают рабочие тетради, пособия с лабораторными и практическими работами, что в очередной раз доказывает их эффективность в достижении высоких результатов образования. Не менее эффективно использование таких работ при изучении математики [2].

Чтобы достичь высокого уровня наглядности, реализовать при необходимости прямое обращение обучающихся и педагога к теоретическому или справочному материалу по теме работы, рекомендуется использовать ЭОР.

При проведении лабораторных/практических работ на уроках математики я использую сайт ФГБНУ «Институт стратегии развития образования Российской академии образования» (<https://edsoo.ru/>), который по заданию Минпросвещения России создал по биологии, физике, химии, математике интерактивные виртуальные лабораторные и практические работы для изучения на углубленном уровне в 5-9 классах.

Виртуальная лабораторная/практическая работа позволяет наглядно демонстрировать сложные научные явления и закономерности путём интерактивной визуализации, проводить виртуальные опыты, эксперименты, исследования.

Виртуальные лабораторные/практические работы – это эксперимент, основанный на технологиях мультимедиа, эмуляции, виртуализации и виртуальной реальности, способный полностью или частично заменить аналогичный традиционный натуральный эксперимент.

Каждая такая работа на сайте <https://edsoo.ru/> сопровождается видео инструкцией для обучающихся по прохождению и выполнению, руководством по работе с виртуальным оборудованием, на первой вкладке представлено видео с интерактивным (проблемным) вопросом, за правильный ответ пользователь получает 10 баллов. На второй вкладке обучающиеся знакомятся с теоретическим материалом, третья вкладка – это цели работы.

Данные виртуальные работы содержат методические рекомендации для учителя – это четвертая вкладка, а начиная с пятой вкладки расположены опыты, которые необходимо выполнить, чтобы ответить на все вопросы контрольного блока.

Последняя вкладка – это список литературы.

Каждая лабораторная работа содержит инструкцию, которая будет автоматически заполняться, если обучающиеся выполнять правильно все шаги работы. Данную инструкцию можно вызвать в любой момент.

Для выполнения работы на данном сайте представлена панель, содержащая нужные инструменты для проведения опыта, например, точка, выколота́я точка, прямая, ластик. Когда нужно выполнить новое задание, то на иконке журнала появляется индикатор сообщения.

При выполнении работы можно фотографировать свои действия, записывать формулы, скачивать выполненную работу в формате .pdf на свой компьютер.

Каждый опыт оценивается в 15 баллов, за выполнение контрольного задания начисляется 30 баллов. Баллы суммируются на счетчике справа на экране, всего за работу можно получить максимум 100 баллов.

Большая часть таких виртуальных работ сопровождается звуковым оформлением, а педагог имеет возможность в режиме реального времени анализировать ход выполнения лабораторной работы и уровень усвоения материала. Несомненно, плюсом является то, что, применение ЭОР позволяет заменить дорогостоящее и громоздкое оборудование, используемое в учебном процессе, а также отсутствие соответствующих условий, материалов.

В урочной деятельности я использую различные формы проведения лабораторных/практических работ по математике:

– демонстрационное использование (перед реальной работой): показываю фронтально с большого экрана стеновой панели последовательность действий данной работы;

– обобщающееся использование (после реальной работы): рассматривается анализ графиков, цифровых значений;

– экспериментальное представление (вместо реальной работы): в малых группах обучающиеся выполняют задания в виртуальной лаборатории без выполнения реальной работы, то есть компьютерный эксперимент;

– в режиме on-line (индивидуально) при наличии сети Интернет, с последующим оцениванием работы каждого обучающегося.

Такие работы на сайте Института стратегии развития образования РАО (<https://edsoo.ru/>) позволяют закрепить знания и отработать умения; ускоряется процесс оформления работы, обучающимся легко сделать вывод.

### **Заключение**

Для меня одним из средств повышения эффективности урока математики являются лабораторные работы – работы, предполагающие выполнение определенных практических заданий, которые помогают воспринимать и осмысливать новый учебный материал или закрепить полученные ранее знания.

Такие работы, на мой взгляд, развивают познавательный интерес у обучающихся, творческое отношение к делу, стремление к самостоятельному нахождению и расширению знаний, совершенствованию умения применять их на практике.

Если педагог стремится повысить активность и самостоятельность обучающихся, получить высокое качество знаний по предмету, научить обучающихся понимать абстрактные теоретические положения, то лабораторная/практическая работа для него станет одним из часто используемых методов.

### **Список литературы**

1. Вербилова, И. В. Электронные образовательные ресурсы. Методические рекомендации // Центр методической и технической поддержки внедрения информационных технологий. – 2016. – С. 7-10.

2. Дорфеева, Л. Г. Проведение лабораторных и практических работ на уроках математики [Электронный ресурс] // Материалы конференции «Актуальные проблемы обучения математике, физике и информатике в школе и ВУЗе». – 2014. – С. 128-130.

## Веб-квест как игровая технология при дистанционной работе со школьниками

Л. А. Кошелева, email: licej82@ya.ru

Е. А. Пешкова

Муниципальное автономное общеобразовательное учреждение  
«Лицей № 82»

**Аннотация.** *Веб-квест как одна из форм организации дистанционного взаимодействия соответствует образовательным и развивающим задачам проектной деятельности. В статье предлагается описание веб-квеста «Космический десант», разработанного и проведенного для учащихся с использованием дистанционных технологий.*

**Ключевые слова:** *веб-квест, дистанционное обучение, геймификация.*

### Введение

Современный человек имеет гораздо больше возможностей для самообразования, нежели 20 лет назад. Ведущие университеты мира проводят учебные курсы для студентов в дистанционном формате. Это возможность закрепить материал, пройденный на лекции, восстановить пропущенные темы и лучше подготовиться к экзаменам.

Отдельные курсы доступны только в дистанционном формате, и это меняет полностью концепцию обучения. Образовательный процесс не привязан к географическому и временному местоположению человека. Вы можете стать студентом и слушать лекции лучших мировых специалистов, не выходя из дома.

«Онлайн-среда даёт учащимся возможность (и обязанность) самим контролировать темп, время, образовательный маршрут и место обучения и помогает развить саморегуляцию, навыки планирования и контроля. И самое главное: для многих учащихся онлайн-среда оказывается первым и единственным местом свободы и ответственности» [1, С. 15].

У дистанционного обучения есть и недостатки: требуется высокий уровень самоорганизации и мотивации к учению, способность к выстраиванию индивидуальной образовательной траектории. Не у всех курсов есть возможность обратной связи с преподавателем или сокурсниками, однако чаще всего курсы с ограниченными сроками

прохождения требуют выполнения заданий для закрепления материала и предусматривают обсуждения в группах.

Дистанционное обучение широко распространено среди взрослого населения: специалистов, студентов, старших школьников. В этой связи актуальна проблема: с какого возраста возможно вводить элементы дистанционного обучения в образовательный процесс? Применение дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ регулируется приказом Министерства образования и науки РФ от 23 августа 2017 г. N 816 [2].

Для подростков ведущим видом деятельности является общение. Вместе с тем, элементы игры позволяют сделать процесс обучения увлекательным и лично значимым. Одной из разновидностей интеллектуальных игр является квест.

«Квест - один из основных жанров компьютерных игр, представляющий собой интерактивную историю с главным героем, управляемым игроком. Важнейшими элементами игры в жанре квеста являются повествование и исследование мира, а ключевую роль в игровом процессе играет решение головоломок и задач, требующих от игрока умственных усилий» [3,4]. Игра может быть командной или индивидуальной. Для прохождения квеста важно выполнять задания каждого этапа, получая за это бонусы и наращивая свой потенциал.

Таким образом, квест представляется эффективной формой реализации обучения школьников в дистанционной форме.

### **1. Сценарий веб-квеста «Космический десант»**

Рассмотрим описание авторского веб-квеста «Космический десант», размещенного на страницах Google сайта [5].

Квест «Космический десант» предполагает межпредметную интеграцию с астрономией, историей космонавтики, биологией и информатикой. Логика веб-квеста выстроена таким образом, что учащиеся последовательно приобретают не только необходимые для дальнейшей работы знания, но и умения и навыки.

**Цель:** формирование у учащихся представления об освоении космического пространства путем организации совместной работы с привлечением игровых технологий.

По легенде, в Научно-исследовательский институт центр подготовки космических полетов (НИИ ЦПКП) требуются сотрудники. Учащиеся, проходя стажировку, знакомятся с принципами реактивного движения, теоретическими основами космических полетов, изучают конструкции космических аппаратов и историю космонавтики. Стажерам предстоит примерить на себя роли историков, космобиологов, программистов, инженеров, конструкторов и журналистов. Ученики

последовательно проходят этапы освоения теоретических знаний, учатся работать с информацией, получают навыки совместной работы в облачных сервисах и представляют итоговый продукт.

В связи с защитой персональных данных, работа на сайте ведется в соответствии с выбранными учащимися псевдонимами. Доступ для редактирования совместных документов открыт всем пользователям, имеющим ссылку, поэтому аккаунт Google не требуется.

## 2. Прохождение квеста

На этапе регистрации дети выбирают для себя желаемую должность, и заполняют резюме для приёма на работу. Обучение предполагает 5 ступеней. По итогам обучения на каждой ступени стажерам необходимо выдержать испытание, которое позволит перейти на новую ступень. В ходе каждого испытания учащиеся зарабатывают звезды. Информация о достижениях размещается на странице «Доска почета».

Обучение на каждой ступени предполагает выполнение трех заданий. Оформление страниц единообразное, что способствует легкой ориентации на сайте квеста.

На странице «*Ступень 1*» учащимся предстоит знакомство с историей и традициями НИИ ЦПКП. Здесь с помощью программы для распознавания QR-кодов необходимо расшифровать надпись-изречение К.Э. Циолковского. Далее стажерам предстоит разгадать ребусы и дать определения полученным физическим терминам. Таким образом, учащиеся постепенно знакомятся с необходимой для дальнейшего обучения терминологией. Кроме того, на 1 ступени стажеры получают первый навык работы в совместных документах – создают эмблему НИИ ЦПКП в Google рисунках.

На странице «*Ступень 2*» ученики самостоятельно изучают основные законы космонавтики: знакомятся с предложенными видеоматериалами, интерактивными презентациями и текстовыми документами. Полученные знания будут необходимы для решения задач и прохождения теста по итогам обучения на 2 ступени.

На странице «*Ступень 3*» учащиеся продолжают знакомство с теоретическим материалом, касающимся реактивного движения. После чего, ученикам предстоит сделать выбор специализации и изучить особенности космических полетов с точки зрения выбранной специальности.

Известно, что поколение современных школьников очень мобильно и менее привязано к постоянной деятельности, нежели их родители. Им хочется попробовать свои силы в совершенно разных профессиях. Они

легко включаются в работу над проектом, если она им интересна, и ради этого готовы учиться новому.

Выполняя интерактивные задания в сервисе Learningapps.org, учащиеся получают кусочки фраз, из которых им предстоит составить высказывание С.П. Королева.

На этой же ступени продолжается формирование навыка совместной работы при заполнении Google документа. Кроме того, стажеры подбирают информацию, необходимую для реализации творческого проекта, задание к которому размещено на странице «*Ступень 4*». На данном этапе группам предстоит самостоятельно организовать совместную работу.

- *Историки* – создают ленту времени в сервисе для совместной работы Timeline, включающую знаковые события в области космонавтики и совершенствования конструкций ракет.

- *Космобиологи* – создают в сервисе Google Презентации каталог растений и животных, использующих принцип реактивного движения.

- *Программисты* – программируют в Scratsh-сообществе запуск и полет космического корабля.

- *Инженеры* – создают в сервисе для совместной работы Casoo проект ракеты для полета к выбранному объекту космоса.

- *Конструкторы* – конструируют ракету и исследуют ее летные характеристики, оформляя отчет в сервисе Google Презентации.

- *Журналисты* – публикуют результаты журналистского расследования в сервисе для создания совместных заметок Linoit.

Веб-квест как один из этапов работы по профессиональному самоопределению школьников даёт им возможность работать в команде над общим проектом в соответствии с выбранной ролью, организует их в небольшие профессиональные сообщества, стимулирует к поиску знаний и даёт возможность научиться чему-то новому

На странице «*Ступень 5*» размещается галерея работ участников веб-квеста, производится самооценка вклада учащегося в работу группы и взаимооценивание готовых проектов.

К каждому из заданий приведены критерии оценивания для самоконтроля стажером выполнения задачи. Полученные ответы и результаты своей работы на каждой ступени, учащиеся заносят в Google форму итогового отчета.

На странице «*Заключение*» учащимся необходимо оставить отзыв о стажировке в формате синквейна. Здесь же размещены вопросы, над которыми предлагается поразмышлять и возможно выбрать себе направление дальнейших исследований.



### **Заключение**

Веб-квест был апробирован с учащимися МАОУ «Лицея №82» и проведен с учениками школ г. Нижнего Новгорода и Нижегородской области при поддержке Нижегородского планетария им. Г.М. Гречко.

В ходе прохождения квеста участниками сроки были соблюдены, задания выполнены в полном объеме, налажено взаимодействие в удалённом режиме. По результатам и отзывам участников можно сделать вывод об успешном применении данной технологии в дистанционной работе с обучающимися.

### **Список литературы**

1. Андреева, Н. В. Шаг школы в смешанное обучение / Н.В. Андреева, Л.В. Рождественская, Б.Б. Ярмахов. – М.: Открытая школа, 2016. – 280 с.

2. Об утверждении Порядка применения организациями, осуществляющими образовательную деятельность, электронного обучения, дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ [Электронный ресурс] : приказ Министерства образования и науки РФ от 23 августа 2017 г. N 816. – Режим доступа: <https://base.garant.ru/71770012/>

3. Википедия. Свободная энциклопедия. Квест. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Квест/>

4. Романцова, Ю. В. Веб-квест как способ активизации учебной деятельности учащихся [Электронный ресурс] // Открытый урок. Первое сентября. – Режим доступа: <http://festival.1september.ru/articles/513088/>

5. Сайт веб-квеста «Космический десант» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://sites.google.com/view/kosmo-desant/>

## Применение компьютеров для изучения принципов построения и анализа звуковых интервалов

Е. В. Лютина, e-mail: lyutin\_v\_i@mail.ru<sup>1</sup>

Т. В. Лютина, e-mail: lyutin\_v\_i@mail.ru<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Воронежский государственный технический университет

<sup>2</sup>Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия» имени профессора Н.Е.Жуковского и Ю.А.Гагарина

**Аннотация.** *Разработано программное обеспечение для проведения занятий по изучению принципов построения и анализа звуковых интервалов и контроля знаний учащихся в диалоговом режиме на примерах построения вверх музыкальных интервалов от любой из 12-ти полутоновых ступеней первой октавы.*

**Ключевые слова:** *музыкальный интервал, теория музыки, ступени интервала, нотная грамота, знаки альтерации.*

### Введение

Обучение принципам построения звуковых интервалов является одной из важных задач теории музыки.

Компьютеризация уроков теории музыки выступает в качестве мотивирующего фактора, повышающего творческую активность учащихся. При этом компьютер целесообразно использовать как техническое средство обучения и контроля знаний и умений учащихся.

Цель работы – повышение эффективности и качества обучения учеников музыкальной школы правилам построения музыкальных интервалов с применением разработанной диалоговой обучающе-контролирующей компьютерной программы.

### 1. Постановка задачи

Возникающее противоречие между необходимостью изучения нотной грамоты и неприятием учащимися заниматься строгой теорией делает актуальной задачу разработки компьютерных обучающе-контролирующих программ.

Применение персональных компьютеров на уроках теории музыки с использованием программного обеспечения, моделирующего игровую ситуацию, заключающуюся в показе набора числа правильных или ошибочных ответов из общего числа заданных вопросов, является

одним из способов мотивации к изучению принципов построения звуковых интервалов.

## 2. Построение программы

Программа предназначена для изучения принципов построения и анализа звуковых интервалов и проведения контроля знаний учащихся в диалоговом режиме на примерах построения интервалов от любой ступени первой октавы с учётом знаков альтерации [1]. В ходе работы с программой учащемуся задаются вопросы по правилам построения интервалов, по результатам ответов на экране монитора отображается подтверждение правильности ответа или указания на ошибку, а также последовательно появляются графические символы изучаемого интервала на предварительно построенном нотоносце. По окончании работы с программой учащийся записывает построенные интервалы в тетрадь и получает оценку за работу. Дружественность интерфейса обеспечивается перечнем вариантов ответов на каждый вопрос и выбором ответа в виде однозначного числа. При использовании интерактивной доски или видеопроектора в качестве монитора применение программы допускает проведение групповых занятий с вызовом ученика к доске [2].

Программа состоит из трёх частей: выбор числа интервалов; построение интервалов; оценка за работу. Ответы на вопросы программы вводятся в виде одноразрядных десятичных чисел от 0 до 9. В программе предусмотрено предотвращение поступления данных при случайном нажатии других клавиш.

После запуска программы запрашивается подтверждение о готовности учащегося к работе с программой. Затем на экране вычерчивается нотоносец и скрипичный ключ, в верхней части экрана устанавливаются счётчики вопросов и ошибок, и запрашивается желаемое число интервалов для построения, не более 4-х.

Перед построением очередного интервала учащемуся задаются не оцениваемые вопросы, определяющие исходные данные, к которым относятся: звук основания интервала  $p$ : 1 – до, 2 – ре, 3 – ми, 4 – фа, 5 – соль, 6 – ля, 7 – си, знак альтерации основания интервала  $z$ : 0 – нет знака, 1 – диез, 2 – бемоль; название интервала  $n$ : 1 – прима, 2 – секунда, 3 – терция, 4 – кварта, 5 – квинта, 6 – секста, 7 – септима, 8 – октава; вид интервала  $m$ : 1 – чистая; 2 – малая; 3 – большая; 4 – уменьшённая; 5 – увеличенная. По мере ввода исходных данных на экране монитора выписывается название интервала и его вид, на нотоносце изображается нотный знак основания интервала и знак его альтерации.

На каждый вопрос учащемуся предлагаются варианты ответов, среди которых он должен сделать выбор. Одним из вариантов ответов является ответ «Не знаю». При правильном выборе под заданным вопросом появляется сообщение «Правильно, ...», при неправильном – «Неправильно, ...» с увеличением числа ошибок на единицу (включая ответ «Не знаю»). Затем появляется сообщение о правильном ответе. Во всех случаях на нотном стане изображается символ нотной грамоты, соответствующий правильному ответу. Вопросы разделяются на сложные и на простые. В процессе ответа копятся баллы. За правильный ответ на простой вопрос –  $\Delta=1$  балл, за сложный –  $\Delta=10$  баллов, за ошибочный ответ или ответ «не знаю» –  $\Delta=0$  баллов.

В табл. 1 приведены значения тоновых величин  $T_{m,n}$ , определяемых количеством заключенных тонов в интервале, индексы  $m$  и  $n$  определяют вид и название интервала соответственно. Чёрточками отмечены неиспользуемые интервалы в 12-ти ступенном темперированном клавире и отвергаемые при вводе исходных данных.

Таблица 1

*Тоновые величины интервалов*

№	Индекс, $m$	1	2	3	4	5
$n$	Интервал	Ч.	М	Б	Ум.	Ув.
1	Прима	0	–	–	–	0,5
2	Секунда	–	0,5	1	0	1,5
3	Терция	–	1,5	2	1	2,5
4	Кварта	2,5	–	–	2	3
5	Квинта	3,5	–	–	3	4
6	Секста	–	4	4,5	3,5	5
7	Септима	–	5	5,5	4,5	6
8	Октава	6	–	–	5,5	6,5

После ввода исходных данных в программе определены: число ступеней в интервале, равное номеру интервала  $n$ ; тоновая величина  $T_{m,n}$ , состоящая из целого числа тонов и наличия или отсутствия одного полутона. По этим величинам ученику задаются один простой вопрос: «сколько в интервале ступеней? (1...8, 0 – не знаю)»; и два сложных: «число целых тонов в интервале: от 1 до 6, 7 – не знаю»; «есть ещё полутон в интервале? 1 – есть, 0 – нет, 2 – не знаю».

В табл. 2 приведены данные для определения вершины интервала и её знака альтерации.

Таблица 2

Таблица определения вершины интервала и её знака альтерации

№ k	Степень (октава)	Чистые	Вверх полутоном (диез)	Вниз полутоном (бемоль)	Вверх тон (дубль- диез)	Вниз тон (дубль- бемоль)
26			до-#	ре-b	си- x	
25	15(3)	до	си-#			ре-bb
24	14(2)	си		до-b	ля- x	
23			ля-#	си-b		до-bb
22	13(2)	ля			соль- x	си-bb
21			соль-#	ля-b		
20	12(2)	соль			фа- x	ля-bb
19			фа-#	соль-b	ми- x	
18	11(2)	фа	ми-#			соль-bb
17	10(2)	ми		фа-b	ре- x	
16			ре-#	ми-b		фа-bb
15	9(2)	ре			до- x	ми-bb
14			до-#	ре-b	си- x	
13	8(2)	до	си-#			ре-bb
12	7(1)	си		до-b	ля- x	
11			ля-#	си-b		до-bb
10	6(1)	ля			соль- x	си-bb
9			соль-#	ля-b		
8	5(1)	соль			фа- x	ля-bb
7			фа-#	соль-b	ми- x	
6	4(1)	фа	ми-#			соль-bb
5	3(1)	ми		фа-b	ре- x	
4			ре-#	ми-b		фа-bb
3	2(1)	ре			до- x	ми-bb
2			до-#	ре-b	си- x	
1	1(1)	до	си-#			ре-bb
0				до-b		

В первом слева столбце табл. 2 проставлены номера полутонов, начиная от нижнего «0», соответствующего до-бемоль (до-b), до верхнего «26», соответствующего или до-диез (до-#), или ре-бемоль (ре-b), или си-дубль-диез (си-<sup>x</sup>). Во втором столбце записаны номера

чистых (без знака альтерации) ступеней снизу вверх от 1 до 7 для первой октавы, соответствующие звуку основания интервала  $P$ , от 8 до 14 для второй октавы и 15 для третьей октавы. В третьем столбце записаны названия чистых ступеней снизу вверх.

Степень вершины интервала вычисляется по формуле

$$q = p + n - 1. \quad (1)$$

Номер звука вершины интервала вычисляется по формуле

$$v = q_{\text{mod } 7}. \quad (2)$$

Найденное значение  $v$  используется при проверке правильности ответа на третий сложный вопрос; «звук вершины интервала: 1 – до, 2 – ре, 3 – ми, 4 – фа, 5 – соль, 6 – ля, 7 – си, 0 – не знаю:».

Знак альтерации основания интервала  $z$  используется для определения сдвига вверх или вниз позиции  $k$  на величину

$$z' = \begin{cases} z, & \text{при } z \neq 2, \\ 1 - z, & \text{при } z = 2. \end{cases} \quad (3)$$

Позиция основания интервала в таблице 2 с учётом знака ступени равна

$$k = \begin{cases} 2p + z' - 1, & \text{при } p \leq 3, \\ 2p + z' - 2, & \text{при } p \geq 4. \end{cases} \quad (4)$$

Позиция вершины интервала в первом столбце таблицы 2 с учётом знака альтерации равна

$$s = k + 2T_{m,n} - 1. \quad (5)$$

Позиция ступени вершины интервала в первом столбце таблицы 2 без учёта знака альтерации равна

$$v = \begin{cases} 2q - 1, & \text{при } q \leq 3, \\ 2q - 2, & \text{при } 4 \leq q < 8, \\ 2q - 3, & \text{при } 8 \leq q < 11, \\ 2q - 4, & \text{при } 11 \leq q < 15, \\ 2q - 5, & \text{при } q \geq 15. \end{cases} \quad (6)$$

Знак вершины интервала определяется разностью

$$d = s - v. \quad (7)$$

Знак альтерации вершины определяется выражением

$$y = \begin{cases} \text{диез} - \text{дубльдиез} & \text{при } d = 3, \\ \text{дубль} - \text{диез} & \text{при } d = 2, \\ \text{диез} & \text{при } d = 1, \\ \text{нет знака} & \text{при } d = 0, \\ \text{бемоль} & \text{при } d = -1, \\ \text{дубль} - \text{бемоль} & \text{при } d = -2, \\ \text{бемоль} - \text{дубльбемоль} & \text{при } d = -3. \end{cases} \quad (8)$$

Появление тройных знаков альтерации подразумевает, что интервал строится в заданной тональности и один из знаков стоит при ключе.

Найденное значение  $y$  используется при проверке правильности ответа на четвёртый сложный вопрос: «знак вершины интервала: 0 – нет знака, 1 – диез, 2 – бемоль, 3 – дубль-диез, 4 – дубль-бемоль, 5 – диез-дубльдиез, 6 – бемоль-дубльбемоль, 7 – не знаю».

В завершение задаются два простых вопроса: «Буквенное обозначение интервала: 1 – Ч.; 2 – М.; 3 – Б.; 4 – Ум.; 5 – Ув.; 0 – не знаю»; «Цифровое обозначение интервала: 1 – 8, 0 – не знаю».

На рисунке 1 приведена структурная схема алгоритма разработанной программы. Число вопросов для каждого интервала –  $M_{вопр} = 7$ , из них число сложных – 4.

Оценка вычисляется по формуле [3]

$$e = \begin{cases} 5 & \text{при } N_{ош} = 0 \\ \text{int}[5 \cdot b_a / b_o + 0,2] & \text{при } N_{ош} \neq 0 \\ 2 & \text{при } \text{int}[5 \cdot b_a / b_o + 0,2] < 2 \end{cases} \quad (9)$$

где  $N_{ош}$  – число ошибочных ответов и ответов «не знаю»,  $\text{int}[\bullet]$  – целая часть выражения в квадратных скобках;  $b_a$  и  $b_o$  – набранное число баллов и возможное число баллов для выбранного интервала.

На рисунке 2 показан вид экрана монитора с построенными интервалами и оценкой за работу. Белый квадрат в конце текста показывает положение курсора и определяет позицию вводимого данного. Интервалы построены со знаками альтерации повышения и понижения звука на 0,5, 1 и 1,5 тона.

Разработанная программа составлена для компьютера «Электроника БК-00 10-01» на языке ФОКАЛ [3] и применялась на уроках теории музыки в Детской школе искусств №1 города Ташкента и в Детской школе искусств №11 города Воронежа. У учащихся эта

программа вызвала стремление построить интервалы ещё и ещё раз, увлечённость уроками теории музыки и успеваемость повысились.

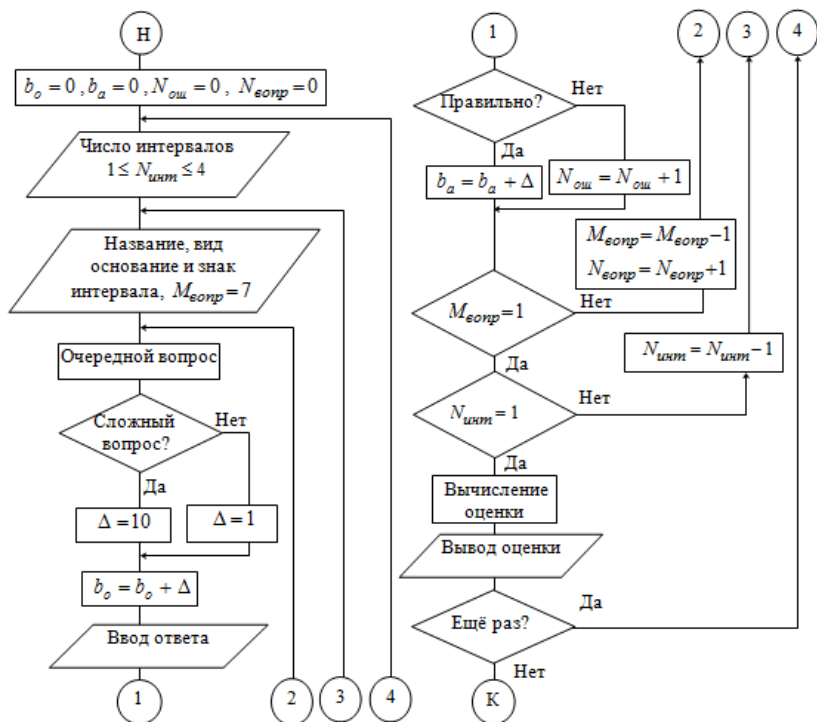


Рис. 1. Структурная схема программы



Рис. 2. Результаты построения интервалов со знаками альтерации изменения звука на 0,5, 1 и 1,5 тона



Выбор для программирования языка ФОКАЛ обусловлен возможностями этого языка совмещать графический и текстовый режимы вывода данных на экран, а также возможностью возврата вверх по экрану. Кроме того, можно организовать ввод данных нажатием одной цифровой клавиши без использования клавиши «ввод команды» (Enter).

Программа зарегистрирована в Госреестре программ для ЭВМ, свидетельство № 2022683131 [4].

### **Заключение**

Таким образом, в настоящей работе приведены результаты разработки программного обеспечения для проведения занятий по теории музыки с применением компьютеров в диалоговом режиме. Работа с программой носит игровой характер, когда ученику представляется возможность добиться победы. Применение программы в учебном процессе исключает субъективный фактор при простановке оценки учащемуся за работу.

### **Список литературы**

1. Калмыков, Б. Сольфеджио / Б. Калмыков, Г. Фридкин – М. : Музыка, 1971. – 160 с.
2. Лютина, Т. В. Изучение принципов построения и анализ звуковых рядов / Т. В. Лютина // Информатика: проблемы, методы, технологии: Материалы XXII Международной научно-методической конференции им. Э. К. Алгазинова / под редакцией Д. Н. Борисова; Воронеж, Воронежский государственный университет, 10-12 февраля 2022 г. – Воронеж : «ВЭЛБОРН», 2022. – С.1485-1490.
3. Микро-ЭВМ «Электроника БК 0010-01». Программное обеспечение, язык ФОКАЛ : / Руководство пользователя, 1989. – 180 с.
4. Лютина, Е. В., Лютина, Т. В. Изучение принципов построения и анализ звуковых интервалов. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022683131. Правообладатели: Лютина Екатерина Владимировна (RU), Лютина Татьяна Вениаминовна (RU). Авторы: Лютина Екатерина Владимировна (RU), Лютина Татьяна Вениаминовна (RU). Заявка № 2022667346. Дата поступления 24 сентября 2022 г. Дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ 01 декабря 2022 г.

## **Возможности подготовки обучающихся к решению заданий раздела «Программирование» в основном государственном экзамене по информатике на базе электронного учебного курса**

В. К. Маркелов, email: v.a.l.e.m.a.r.k@yandex.ru

О. А. Завьялова, email: ooolga30@gmail.com

Шуйский филиал ФГБОУ ВО «Ивановский государственный университет»

**Аннотация.** В статье рассматриваются возможности электронного учебного курса «Код – это просто! Как обучать программированию?» в качестве одного из средств подготовки обучающихся к решению заданий основного государственного экзамена по предмету «Информатика и ИКТ», в частности, заданий, связанных с изучением раздела «Программирование» в рамках школьного курса информатики (задания №5, №6, №15.1, №15.2). Приводятся методические особенности разбора данных заданий в рамках электронного учебного курса.

**Ключевые слова:** Основной государственный экзамен, электронный учебный курс, программирование, информатика.

### **Введение**

Раздел «Алгоритмизация и программирование» является одним из основных разделов школьного курса информатики, который направлен на развитие алгоритмического мышления обучающихся, разработку алгоритмов, а также формирование навыков реализации программ на языках программирования высокого уровня [1, с. 6]. Также следует отметить, что задания данного раздела составляют пятую часть заданий основного государственного экзамена по предмету «Информатика и ИКТ». При этом перед учителем встает ряд объективных проблем в рамках подготовки обучающихся к основному государственному экзамену по информатике: нехватка времени для подготовки к ОГЭ; затруднения в реализации индивидуальной подготовки каждого ученика; отсутствие разнообразия форм и методов успешной подготовки; недостаточность объем банка заданий [2, с. 99].

## 1. Структура и содержание темы «Задачи раздела «Программирование» в ОГЭ по информатике»

Для учителя информатики подготовка учащихся к государственной итоговой аттестации по информатике носит довольно широкий, разноплановый характер, что обусловлено и различным уровнем подготовки учащихся, и различными условиями изучения непосредственно самого предмета в образовательном учреждении [3, с. 213]. Одним из инструментов электронной поддержки процесса подготовки будущих учителей информатики может выступать электронный учебный онлайн-курс «Код – это просто! Как обучать программированию?» созданный на российской образовательной платформе для создания открытых онлайн-курсов «Stepik» [4, с. 50]. Данный курс доступен по следующей ссылке: <https://stepik.org/course/122525/>. Он может использоваться как преподавателями высших учебных заведений в рамках подготовки студентов к преподаванию программирования в школьном курсе информатики, так и действующими учителями информатики при обучении школьников основам алгоритмизации на базе школьного алгоритмического языка системы КуМир и программированию на базе языка Python. При этом под электронным учебным курсом подразумевается система взаимосвязанных в содержательном и методическом отношении электронных учебных материалов, обеспечивающих постоянное использование обучаемыми информационно-коммуникационных технологий во всех видах учебной деятельности в процессе изучения учебного предмета [5, с. 4].

В рамках электронного учебного курса присутствует тема «Задачи раздела «Программирование» в ОГЭ по информатике». Материалы данной темы могут быть использованы учителями при подготовке школьников к основному государственному экзамену по информатике.

Структура темы электронного учебного курса «Задачи раздела «Программирование» в ОГЭ по информатике» включает в себя пять подтем: «Общая характеристика задач раздела “Программирование”», «Задание 5. Анализ линейного алгоритма для формального исполнителя», «Задание 6. Анализ программы с условным оператором», «Задание 15. Задание 15.1. Разработка алгоритма для исполнителя Робот», «Задание 15.2. Запись алгоритма на универсальном языке программирования». Первая подтема коротко знакомит с основными типами задач раздела «Программирование», примерным временем их выполнения в рамках экзамена, а также предметными результатами обучения, проверяемых каждым из заданий. Теоретический материал данной подтемы представлен на рис. Рис. 1. .

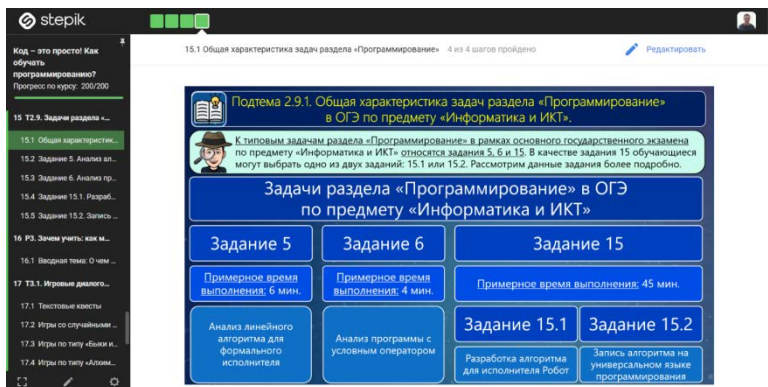


Рис. 1. Теоретический материал подтемы «Общая характеристика задач раздела “Программирование”»

## 2. Методические особенности разбора заданий раздела «Программирование» в ОГЭ по информатике на базе электронного учебного курса

В последующих подтемах приводятся подробные разборы решений соответствующих заданий раздела «Программирование» из открытого банка заданий основного государственного экзамена (ОГЭ) по информатике. При этом для каждой из задач даны вопросы, которые учитель может задать обучающимся, чтобы подготовить их к решению задачи. В качестве примера, на рис. Рис. 2. представлен теоретический материал с заданием №5 из открытого банка ОГЭ с вопросами для решения задачи.

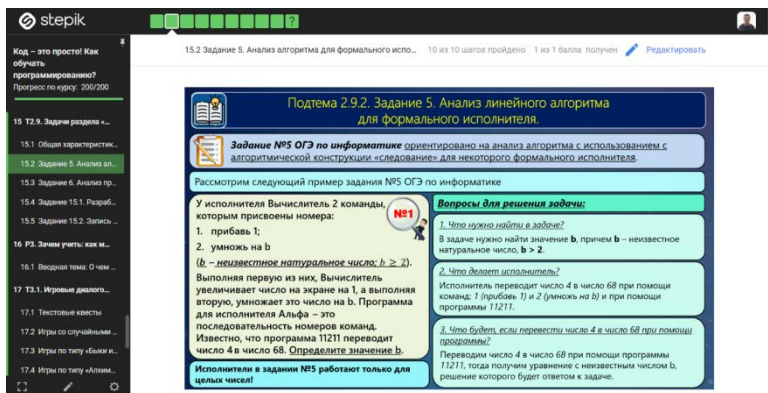


Рис. 2. Пример задания №5 ОГЭ по информатике

Кроме того, в рамках курса приводится решение каждой из задач с подробными комментариями. В качестве примера, на рис. Рис. 3. представлено решение задания №5 ОГЭ по информатике посредством составления линейного уравнения при помощи двух схем и программы для перевода числа 4 в число 68. В частности, первая схема демонстрирует прямой перевод числа 4 в число 68 при помощи программы 11211. При этом вторая схема также показывает промежуточные результаты перевода числа 4 в число 68 после выполнения каждой из команд программы, учитывая, что  $b$  – неизвестное натуральное число, используемое в команде 2 – умножь на  $b$ . В свою очередь, сопоставление результатов преобразования числа 4 при помощи программы 11211 в первой и второй схемах позволяет получить линейное уравнение и найти значение натурального числа  $b$ .

stepik

15.2 Задание 5. Анализ алгоритма для формального исполнителя... 10 из 10 шагов пройдено 1 из 1 балла получен Редактировать

Подтема 2.9.2. Задание 5. Анализ линейного алгоритма для формального исполнителя.

Перевод числа 4 в число 68 при помощи программы 11211 и получение решения задачи.

4 → 4+1 → 6 → 6b → 6b+1 → 6b+2

(1) В начале имеем число 4, которое будем переводить в число 68 при помощи программы 11211

(2) Выполним первую команду программы – 1 (прибавь 1) и в результате получаем число  $4 + 1 = 5$

(3) Выполним вторую команду программы – 1 (прибавь 1) и в результате получаем число  $5 + 1 = 6$

(4) Выполним третью команду программы – 2 (умножь на  $b$ ) и в результате получаем число  $6 \cdot b = 6b$

(5) Выполним четвертую команду программы – 1 (прибавь 1) и в результате получаем число  $6b + 1$

(6) Выполним пятую команду программы – 1 (прибавь 1) и в результате получаем число  $6b + 2$

(7) Таким образом, из числа 4 при помощи программы было получено число  $6b + 2$ , которое по условию равно 68.

(8) Решаем полученное уравнение и находим значение  $b$ :  
 $6b + 2 = 68$   
 $6b = 66$   
 $b = 11$

Следовательно, ответ: 11.

Для закрепления полученных знаний рассмотрим еще один тип задания №5, который связан с составлением алгоритма по заданной программе.

Рис. 3. Алгоритм решения задания №5 ЕГЭ по информатике

Помимо теоретических материалов, демонстрирующих разбор типовых задач основного государственного экзамена по информатике, относящихся к разделу «Программирование», в рамках подтем также присутствуют и практические задания на решение задач из открытого банка заданий ОГЭ, аналогичные тем, что были рассмотрены в рамках теоретических материалов электронного учебного курса. Пример такого практического задания представлен на рис. Рис. 4. . В данном задании обучающемуся необходимо определить, сколько было запусков, при которых представленная в задании программа напечатала «NO», записать полученный ответ в соответствующее текстовое поле под заданием и нажать на кнопку «Отправить», чтобы проверить правильность полученного ответа. Если при решении задания был

получен неправильный ответ, обучающийся имеет возможность решить задание снова, нажав на кнопку «Решить снова».

The screenshot displays the StepiK platform interface. On the left is a navigation menu with a list of tasks, including '15.3 Задание 6. Анализ программы с условным оператором...'. The main content area shows a task titled 'Практическое задание №3. Анализ программы с условным оператором.' The task text states: 'Ниже приведена программа, записанная на языке программирования Python. Было проведено 9 запусков программы, при которых в качестве значений переменных s и k вводились следующие пары чисел: (9, 0); (10, 10); (18, 9); (22, 4); (27, 3); (12, 9); (29, 2); (4, 2); (3, 3). Сколько было запусков, при которых программа напечатала «NO?»'. Below the text is a yellow code block containing the following Python code: 

```
s = int(input())
k = int(input())
if s & 9 == k:
    print("YES")
else:
    print("NO")
```

 To the right of the code is a small image of the Python logo. Below the code block, a green bar indicates 'Количество баллов за правильный ответ: 1 балл.' At the bottom of the task area, there is a text input field labeled 'Введите численный ответ', a green 'Отправить' button, and a feedback section showing 'Верно решили 4 учащихся Из всех попыток 44% верно'. The bottom of the interface shows 'Шаг 7' and a 'Следующий шаг' button.

Рис. 4. Пример практического задания №6 ОГЭ по информатике

Отдельно следует отметить задания 15.1 и 15.2, которые непосредственно связаны с программированием на базе школьного алгоритмического языка системы КуМир и языка программирования Python соответственно. В частности, разборы заданий 15.1 ОГЭ по информатике осуществляются с применением исходных расстановок исполнителя, пошагово показывающих, где находится Робот после выполнения определенного шага алгоритма решения задачи, и какие клетки поля при этом закрашены, что позволяет обучающимся лучше понять, как работает программа для решения задачи. На рис. Рис. 5. 2представлен фрагмент решения задания №15.1 с использованием школьного алгоритмического языка системы КуМир и исполнителя Робот. Полный текст задания доступен по следующей ссылке: [http://oge.fipi.ru/os/project/questions/question\\_view.php?qst=000F999F9FD6B6C24D3789E99438F33A](http://oge.fipi.ru/os/project/questions/question_view.php?qst=000F999F9FD6B6C24D3789E99438F33A).

The screenshot displays the Stepik interface for a task titled "Подтема 2.9.4. Задание 15.1. Разработка алгоритма для исполнителя Робот". The main content area is divided into several sections:

- Code Editor:** Contains a list of commands for the robot:
 

```

1 использовать Робота
2 шаг
3 шаг
4 - использовать Робота слева от Робота под стеной
5 - шаг пока не сверху свободно
6 - вернуться | Протягивание алгоритма, где находится Робот
7 - в стену | Протягивание Робота на 1 клетку влево
8 шаг
9 | Протягивание Робота на 1 клетку вправо
10 | Стены не вправо под стеной
11 - вправо
12 шаг
13 - использовать Робота слева от Робота под стеной
14 - шаг пока не сверху свободно
15 - вернуться | Протягивание алгоритма, где находится Робот
16 - вправо | Протягивание Робота на 1 клетку влево
17 шаг
18 кон
      
```
- Algorithm Solution Strategy:**
  - (1)** По умолчанию, в системе программирования КуМир предоставляется пустая программа (которая ничего не делает и не может использовать никаких исполнителей). Чтобы использовать исполнителя Робот, нужно в качестве первой команды алгоритма записать команду **использовать Робот**. Остальные команды алгоритма будут записываться между ключевыми словами **нач** и **кон**.
  - (4)** Известно, что необходимо закрасить все клетки ниже соответствующих стен, а Робот находится в клетке под нижней стеной. Значит, нужно закрасить клетки **слева и справа от Робота**. Причем нужно закрасить клетки **до тех пор, пока сверху находится стена**, для этого в алгоритме можно использовать цикл. Для этого в исполнителе Робот есть команда проверки условия «сверху стена», однако её нет в задании 15.1! Данную команду можно заменить при помощи логической операции **не**.
- Task Instructions:**
  - Выполните данный фрагмент программы в среде программирования КуМир и при помощи кнопки **ШАГ (F8)** посмотрите, как пошагово работает программа.
  - Набирать команды в языке КуМир вручную неудобно: для этого можно использовать панель меню «Вставка», в котором доступны все команды и алгоритмические структуры языка для вставки в программу.

Below the code editor, there is a link to download the Kumir programming system: <https://www.rskd.ru/kumir/dl.htm>.

The bottom section of the screenshot shows a grid-based workspace with two diagrams labeled (3) and (4). Diagram (3) shows a 10x10 grid with a robot at (5,5) and a wall at (5,10). Diagram (4) shows the same grid with a purple shaded area from (5,5) to (5,10) and a robot at (5,8), representing the state after the algorithm's execution.

Рис. 5. Фрагмент разбора решения задания №15.1 ОГЭ по информатике

В заключительной подтеме «Задание 15.2. Запись алгоритма на универсальном языке программирования» представлены не только разборы соответствующих заданий из открытого банка заданий ОГЭ, но и практические задания с автоматической самопроверкой, в рамках которых обучающиеся могут выполнять задания №15.2 ОГЭ по информатике, используя возможности онлайн-среды программирования Python, встроенной в образовательную платформу Stepik. При этом обучающийся может предварительно запустить программу и перед отправкой решения проверить правильность её работы на собственных входных данных. Пример задания №15.2 ОГЭ по информатике представлен на рис. Рис. 6. 1.

stepik

15.5 Задание 15.2. Запись алгоритма на языке програм... 10 из 10 шагов пройдено 6 из 6 баллов получено Редактировать

**Практическое задание №17. Запись алгоритма на универсальном языке программирования.**

Напишите программу, которая в последовательности натуральных чисел определяет сумму чисел, кратных 6 и оканчивающихся на 4. Программа получает на вход количество чисел в последовательности, а затем сами числа. В последовательности всегда имеется число, кратное 6 и оканчивающееся на 4.

Количество чисел не превышает 100. Введённые числа по модулю не превышают 300. Программа должна вывести одно число: сумму чисел, кратных 6 и оканчивающихся на 4.

Входные данные	Выходные данные
3 24 25 54	78

Количество баллов за правильный ответ: 3 балла.

Sample Input:  
3  
24  
25  
54

Sample Output:  
78

Напишите программу. Тестируется через stdin → stdout

Верно решил 1 учащийся  
Из всех попыток 33% верных

Time Limit: 15 секунд  
Memory Limit: 256 MB

```
1 # put your python code here
2
3
4
5
6
```

Отправить Запустить код

Решение Вы получили: 3 балла из 3

Шаг 9 Следующий шаг

Рис. 6. Практическое задание №15.2 из открытого банка заданий ОГЭ по информатике

### Заключение

Таким образом, тема «Задачи раздела «Программирование» в ОГЭ по информатике» электронного учебного курса «Код – это просто! Как обучать программированию?» может использоваться в рамках подготовки обучающихся к основному государственному экзамену по предмету «Информатике и ИКТ». Подробные разборы заданий из открытого банка заданий ОГЭ позволяют обучающимся закрепить на практике полученные знания по решению соответствующих типовых задач.



### Список литературы

1. Босова, Л. Л. О новых подходах к изучению школьной информатики в условиях цифровой трансформации общества / Л. Л. Босова // Информатика в школе. – 2022. – № 4(177). – С. 5-14. – DOI 10.32517/2221-1993-2022-21-4-5-14.
2. Акимова, И. В. Методические аспекты подготовки к заданиям, выполняемым на компьютере, в ОГЭ по информатике / И. В. Акимова, Н. В. Титова, Т. Ю. Леонова // Современные проблемы науки и образования. – 2021. – № 3. – С. 99. – DOI 10.17513/spno.30953.
3. Овсянникова, Т. В. Подготовка учащихся к государственной итоговой аттестации по информатике / Т. В. Овсянникова // Современные проблемы и перспективные направления инновационного развития науки : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Казань, 17 мая 2022 года. – Уфа: Общество с ограниченной ответственностью "ОМЕГА САЙНС", 2022. – С. 213-216.
4. Маркелов, В. К. Проектирование структуры онлайн-курса как инструмента электронной поддержки процесса подготовки будущих учителей информатики к преподаванию программирования / В. К. Маркелов, О. А. Завьялова // Современные технологии в науке и образовании - СТНО-2022 : Сборник трудов V Международного научно-технического форума. В 10-ти томах, Рязань, 02–04 марта 2022 года / Под общей редакцией О.В. Миловзорова. – Рязань: Рязанский государственный радиотехнический университет, 2022. – С. 50-56.
5. Спири́н, И. С. Электронный учебный курс как средство активизации учебно-познавательной деятельности при обучении программированию будущих учителей информатики: специальность 13.00.02 – теория и методика обучения и воспитания (информатика, уровень профессионального образования): автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата педагогических наук / Спири́н Игорь Сергеевич. – Екатеринбург, 2004. – 24 с.

# Контроль усвоения материала по дисциплине «Методы оптимизации» с использованием среды Moodle

Н. П. Можей, email: mozheynatalya@mail.ru

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

**Аннотация.** Работа посвящена организации контроля усвоения материала по дисциплине «Методы оптимизации» с применением дистанционных образовательных технологий. Описывается применение системы заданий и тестов в электронном образовательном ресурсе на основе модульной объектно-ориентированной динамической обучающей среды.

**Ключевые слова:** обучающая среда, методы оптимизации, дистанционные образовательные технологии.

## Введение

Дисциплина «Методы оптимизации» читается в Белорусском государственном университете информатики и радиоэлектроники для студентов 3-го курса специальности «Программное обеспечение информационных технологий», при ее изучении студенты знакомятся с основными методами решения оптимизационных задач. Для поддержки учебного процесса применяется электронный образовательный ресурс по дисциплине на основе модульной объектно-ориентированной динамической обучающей среды (Modular Object Oriented Dynamic Learning Environment, Moodle).

## 1. Цели и задачи изучения дисциплины

Задачами изучения дисциплины являются: выработка навыков по применению методов оптимизации и алгоритмов решения прикладных задач, подготовка студентов к их внедрению; приобретение знаний по линейной и нелинейной оптимизации и их приложениям; овладение элементами многокритериальной оптимизации и динамического программирования. Изучаются классические методы решения задач оптимизации, основанные на использовании дифференциального исчисления для нахождения экстремумов функций одной и нескольких переменных в области допустимых значений. Далее рассматриваются основы линейной оптимизации, включая процесс построения математической модели, графическое решение, симплекс-метод,

транспортные задачи, изучается применение линейного программирования в теории игр, в сетевом планировании и управлении. Дальнейшие разделы посвящены численным методам безусловной и условной оптимизации (алгоритмы равномерного поиска, деления пополам, Фибоначчи, золотого сечения, квадратичной аппроксимации, Пауэлла, методы на основе поиска стационарной точки критерия оптимальности, перебора, Монте-Карло, выделения интервалов унимодальности, аппроксимирующих моделей и др.), разбирается многомерная оптимизация (методы Гаусса-Зейделя, Хука-Дживса, Розенброка, сопряженных направлений, симплекс-метод, метод деформируемого многогранника Нелдера-Мида, наискорейшего спуска, дробления шага, метод оптимизации Ньютона, метод с возвратом при неудачном шаге, наилучшей пробы, метод комплексов, повторяющегося случайного поиска и др.). Рассматриваются задачи многокритериальной оптимизации и оптимального управления и методы их решения.

## **2. Контроль знаний**

Каждому разделу дисциплины посвящен модуль, обязательным элементом которого является контроль знаний, модуль содержит комплекс тестирующих и контролирующих программных средств: интерактивные тесты, контрольные вопросы, контрольные и лабораторные задания, обеспечивающие возможность оценить уровень освоения обучаемым тем, разделов и дисциплины в целом, задания текущей и итоговой аттестации. Ведется учет выполнения каждым студентом контрольных и лабораторных работ и соблюдения сроков их предоставления.

Контроль знаний осуществляется с помощью заданий и тестов, а также с помощью защиты выполненных заданий онлайн, для этой цели модуль «Видеоконференция BigBlueButton» позволяет создавать в Moodle ссылки на виртуальные онлайн собрания в BigBlueButton, доступны веб камера, презентации, показ экрана, онлайн чат и много других необходимых функций. Для контроля знаний Moodle также дает возможность составлять тесты различных типов. Тестовые вопросы наряду с текстом могут содержать изображения (область допустимых планов, градиент, линии уровня, фрагменты вычислительных таблиц). Созданные вопросы содержатся в «Банке вопросов», что позволяет их использовать и в дальнейшем в этой или в других дисциплинах. Как вопросы, так и тесты в целом в большинстве случаев оцениваются автоматически. До тестирования банк вопросов наполняется. Для всех разделов в блоке «Добавить категорию» вводятся и сохраняются их названия. Для создания вопроса в ручном режиме переходим в соответствующую категорию и нажимаем «Создать новый вопрос...»,

появляется окно выбора типа вопроса, в правой части окна дается описание соответствующего типа вопроса, с подробными пояснениями по типам вопросов можно также ознакомиться в официальной документации MoodleDocs [1]. К созданию теста приступаем только после наполнения банка вопросов, выбираем вопросы из банка. В соответствующем модуле создаем элемент «Тест» и выбираем его редактирование. Есть несколько вариантов. Если количество вопросов в категории для данного теста совпадает с количеством вопросов, которое должен содержать тест, то выбирается пункт «Из банка вопросов». Если вопросов в категории больше, то можно выбрать «Случайный вопрос» и задать количество случайно выбираемых вопросов по указанной теме либо по определённому количеству случайных вопросов из различных тем. В обоих случаях выбираем категорию и сами вопросы (либо количество случайных вопросов). При желании можно устанавливать параметр «Перемешать» для отображения вопросов в случайном порядке, это позволяет избегать дублирования ответов, если один и тот же тест выполняет большое количество студентов. Есть возможность менять максимальный зарабатываемый балл за ответ на вопрос, классифицируя вопросы по уровню сложности, и максимальную оценку за тест в целом. Другой способ создания вопросов, не включающих картинки и медиафайлы, – импорт. Он позволяет ускорить ввод вопросов, а также использовать вопросы, подготовленные ранее в других форматах, можно использовать форматы GIFT, Moodle XML, Aiken, Blackboard, Examview, WebCT и другие. Например, для импорта вопросов из формата GIFT используется любой текстовый редактор, создается файл TXT в кодировке UTF-8. Можно импортировать вопросы типов: множественный выбор, верно/неверно, на соответствие, короткий ответ, выбор пропущенных слов или числовой. В текстовом файле между вопросами необходимо оставлять пустую строку, сначала приводится название вопроса в двойных двоеточиях (при его наличии), затем сам вопрос и варианты ответов, заключённые в фигурные скобки: правильные со знаком равно, неправильные – со знаком тильды. Со знака «решётка» начинается комментарий преподавателя (необязательный). Ответы могут иметь и стоимость в процентах, в зависимости от полноты указанного варианта.

### **3. Работа с формулами**

Материал, изучаемый в курсе «Методы оптимизации», часто содержит формулы, таблицы, диаграммы и т.п. Конечно, их можно вставлять в режиме ручного ввода, но удобнее импортировать набранное в математических редакторах. Для корректного отображения формулы создаются в LaTeX-е, также можно использовать MathType, после чего

конвертировать в LaTeX. После установки программа MathType появляется в шапке MS Word (как расширение). Набирается необходимая формула, далее выделяется часть текста с формулами для конвертации. Весь файл (текст и формулы) сразу конвертировать не стоит, могут возникнуть ошибки. После выделения нужной области заходим во вкладку MathType и выбираем пункт «Convert Equations», в открывшемся окне отмечаем все галочками слева, в графе «Range» отмечаем выделение («Current Selection»), справа выбираем пункт «Text using MathType translator» и находим в выпадающем меню «MathJax:LaTeX». Рекомендуется выбирать «Prompt before converting each equation» (в левом нижнем углу), тогда перед каждой формулой программа будет задавать вопрос, изменить ли эту формулу, это позволит контролировать процесс конвертации, так как кириллица в формулах не выдает ошибку, а просто пропадает. После настройки нажимаем «Convert». Вставлять текст в форму для редактирования в самом тесте нужно только через сочетание клавиш Shift+Ctrl+V, если вставить просто через Ctrl+V, в HTML-код автоматически вставятся ненужные атрибуты из Word, тогда формулы могут отображаться некорректно. Стоит также иметь в виду, что формулы с кириллицей пропадают после конвертации, поэтому (если кириллица необходима) ее нужно добавить вручную. Если конвертировать формулы, набранные во встроенном редакторе Word (формат OMML), некоторые символы не отображаются (например, символ умножения (точкой) или, в некоторых случаях, стрелка «равносильно»), чтобы не возникло такой проблемы, необходимо сначала сконвертировать формулу в формат MathType, проблемный символ отобразится ромбиком с вопросом, символ придется заменить вручную, потом формулу можно конвертировать в MathJax:LaTeX. В случае использования таких символов возможно и зависание при попытке конвертации формулы из OMML в LaTeX, поэтому после каждой успешной конвертации рекомендуется сохранять документ. Даже если формула сконвертировалась, в системе Moodle она может не отображаться или отображаться красным, неправильную команду в этом случае придется заменить вручную. Например, такое может быть с тильдой; после конвертации полученное « $\sim$ », необходимо заменить на « $\backslash\sim$ ». Также не стоит забывать, что символы формата GIFT вида « $\{$ », « $\Rightarrow$ », « $\sim$ », « $\}$ », « $\langle$ », « $\#$ » и др., обозначающие начало и конец вариантов ответов, их правильность и т.п., при импорте должны различаться от соответствующих символов в формулах, для этого в формулах перед ними требуется ставить дополнительный знак « $\backslash$ ». Все вышеизложенное ускоряет и облегчает механическую работу по пополнению банка вопросов и составлению самих тестов.

#### **4. Настройки тестирования**

После составления теста можно выбирать для него различные настройки, в зависимости от цели тестирования (самоконтроль, промежуточный либо итоговый контроль). В частности, фиксировать время начала и окончания тестирования (при желании), выставить ограничение времени тестирования (также при необходимости), выбирать формат оценивания и проходной балл, указывать количество попыток (и принудительный временной интервал между попытками, чтобы студент попытался разобраться в причинах неудачных ответов), также выбирать метод выставления по результатам попыток итоговой оценки, можно требовать отвечать на вопросы последовательно либо с использованием свободной навигации, выдавать ответы в случайном порядке (либо в определенной последовательности), давать отзыв на отвеченный вопрос сразу либо по окончании тестирования (либо в интерактивной форме), основывать (либо нет) последующие попытки на результатах предыдущих. Есть и возможность сообщать (или не сообщать) информацию о правильности ответа, полученных за него баллах (которые также могут различаться в зависимости от сложности вопроса), приводить сам правильный ответ, давать отзывы к отдельным вопросам и к тесту в целом (в зависимости от полученных результатов). Соответственно, тест может быть скрыт от студентов, а также становиться доступным с указанного момента, быть доступен студентам определенной группы (групп) либо при выполнении определенных условий, например, изучения каких-либо материалов, сдачи контрольных (лабораторных) работ или тестов по предшествующему материалу. Поскольку вопросы и варианты ответов чаще всего выдаются в случайном порядке, студенты, выполняющие тест одновременно, лишаются возможности «дублирования» ответов. Выставление итоговой оценки автоматически по заранее определенным правилам позволяет разгрузить преподавателя от механической работы по проверке, увеличивая, однако, нагрузку на него при составлении самих тестов.

#### **Заключение**

Таким образом, описана организация контроля усвоения материала по дисциплине «Методы оптимизации» с применением системы заданий и тестов в электронном образовательном ресурсе на основе модульной объектно-ориентированной динамической обучающей среды.

#### **Список литературы**

1. Анисимов, А. М. Работа в системе дистанционного обучения Moodle / А. М. Анисимов. – Харьков : ХНАГХ, 2009. – 292 с.

# **Роль обучения с применением дистанционных образовательных технологий и электронного обучения в социализации и адаптации детей-инвалидов, обучающихся на дому**

В. И. Навражных, email: vovanadasveta7@gmail.com

КОУ ВО «Центр лечебной педагогики и дифференцированного обучения», г. Воронеж

**Аннотация.** *Дистанционные образовательные технологии позволяют лицам с нарушениями в развитии (слуха, зрения, интеллекта, опорно-двигательного аппарата и др.) использовать средства коммуникаций для обучения и межличностного общения. Дистанционные формы обучения обеспечивают ребенка качественным образованием, предоставляют возможность общения со сверстниками, необходимые для социализации и адаптации в обществе.*

**Ключевые слова:** *Дистанционные образовательные технологии, электронное обучение, социализация, адаптация.*

## **Введение**

Одним из эффективных средств для развития, воспитания и обучения личности ребенка-инвалида является использование дистанционных образовательных технологий. Они позволяют снижать дефекты слуха, зрения, моторно-двигательной и речевой деятельности. Адаптированные варианты компьютерных программ просты в применении и позволяют учиться данной категории детей в удовольствие, ощущая себя полноценным гражданином своего общества.

В процессе социализации ребёнок усваивает накопленный человечеством социальный опыт в различных сферах жизнедеятельности, который позволяет исполнять жизненно важные социальные роли. Социализация рассматривается как процесс, условие, проявление и результат социального формирования личности. По ней судят об уровне социального развития. Как результат она является основополагающей характеристикой человека и его особенностей как социальной единицы общества. Главная проблема детей с ограниченными возможностями заключается в нарушении их связи с миром, в ограниченной мобильности, недостаточном общении со сверстниками и взрослыми, в недоступности ряда культурных

ценностей. Нельзя подготовить ребенка к самостоятельной трудовой деятельности, к жизни в обществе, не научив правильно вести себя в различных ситуациях. Поэтому в целях совершенствования процесса социализации детей с ограниченными возможностями, считаю наиболее целесообразным использование социально-педагогического потенциала не только общего, но и дополнительного образования, ведь именно здесь включаются механизмы творческого воспитания, потому что имеет место труд не по необходимости или по принуждению, а по велению души.

### **1. Дистанционное обучение**

Так как дистанционное обучение невозможно без знания компьютера и использования современных информационных технологий, ребёнок-инвалид уже фактически получает профессиональные навыки, которые в дальнейшем могут обеспечить ему работу и независимую жизнь.

Дистанционное обучение позволяет:

- получить полноценное школьное образование в соответствии с Государственным образовательным стандартом образования, независимо от места проживания и материальных условий;
- дистанционные технологии дают доступ к богатейшим информационным ресурсам, размещенным в Интернете;
- обучаться в удобном для себя месте, по индивидуальному расписанию, используя специализированное новейшее компьютерное оборудование, рассчитанное на детей-инвалидов;
- развить творческие способности детей и участвовать в проектной, исследовательской деятельности;
- получить навыки коллективной работы;
- подготовиться к поступлению в ВУЗ или получить дополнительное образование;
- получить квалифицированные консультации психологов, дефектологов, логопедов и других специалистов Центра дистанционного образования
- повысить уровень образовательного потенциала общества и качества образования.

Использование дистанционных форм при организации обучения детей позволяет обеспечить ребенка качественным образованием, предоставляет возможность общения со сверстниками, необходимого для социализации и адаптации в обществе.

Данная технология обучения пользуется большим спросом, открывая безграничные возможности в получении информации,



формировании навыков самообразования, приобщении к общечеловеческим ценностям.

Основным показателем оценки эффективности внедрения дистанционного обучения детей-инвалидов является количество детей, обучающихся на дому, которые успешно прошли итоговую аттестацию в форме ГИА и ЕГЭ, стали участниками и победителями творческих конкурсов и предметных олимпиад. Для детей-инвалидов образование, полученное дистанционно, – это уникальная возможность для успешной и полной интеграции в общество сверстников через развитие, коррекцию и реабилитацию! В дальнейшем они могут получить высшее или среднее профессиональное образование также дистанционно.

Дистанционное обучение обладает рядом качеств, которые делают его весьма эффективным при работе с детьми-инвалидами. Главным образом, эффективность достигается за счет индивидуализации обучения: каждый ребенок занимается по удобному для него расписанию и в удобном для него темпе; каждый может учиться столько, сколько ему лично необходимо для освоения той или иной дисциплины.

Организация дистанционного обучения детей-инвалидов позволяет обеспечить доступ детей данной категории к образовательным и иным информационным ресурсам, оказать поддержку семьям, воспитывающим детей с нарушениями развития, способствует созданию без барьерной среды для детей-инвалидов, получению ими качественного образования, расширению возможностей их последующей профессиональной занятости, как следствие, - их успешной социализации и интеграции в общество.

Дистанционное обучение не исключает традиционное обучение на дому, а дополняет и обогащает его. Делает процесс обучения высокотехнологичным, творческим.

Для ребенка с ограниченными возможностями здоровья это открывает пути в новый мир, дает возможность реализовать себя и свои потребности, преодолеть свое одиночество.

Создание обучающей среды с наглядным представлением информации, использование цвета и звука, воздействуя на эмоциональные и понятийные сферы, способствует более глубокому усвоению нового материала. Мультимедийные программы одновременно стимулируют у ученика сразу несколько каналов восприятия, лучше поддерживают его внимание, способствуют снижению утомляемости и обеспечивают необходимую релаксацию. Этот процесс приобретает интерактивный характер, благодаря возможности двусторонней связи, диалога с учителем.

Немаловажное значение для адаптации ребенка в социуме имеет взаимодействие учителя с родителями ребенка. Очень часто родители становятся участниками урока. Каждый ученик, а тем более с ограниченными возможностями, должен почувствовать успех. Успех – самый лучший воспитатель. Успех всегда окрыляет. Порой, без помощи близких и родных ребенку бывает сложно справиться с творческими заданиями, например, с домашним экспериментом – это небольшой самостоятельный научный проект каждого ученика. Самостоятельно, вместе с друзьями или с помощью взрослых, выполняя простые, но увлекательные опыты, дети могут сделать свои первые шаги в науке.

### **Заключение**

Сегодня информационные компьютерные технологии можно считать тем новым способом передачи знаний, который соответствует качественно новому содержанию обучения и развития ребенка. Этот способ позволяет ребенку с интересом учиться, находить источники информации, воспитывает самостоятельность и ответственность при получении новых знаний, развивает дисциплину интеллектуальной деятельности.

Благодаря технологиям дистанционного обучения дети-инвалиды получают хороший результат, а постоянная ситуация комфорта формирует позитивное отношение к предмету изучения и желание двигаться вперед, проявлять свои способности, демонстрировать свои умения и навыки. Ребенок-инвалид чувствует себя равным со всеми, положительные эмоции служат пробуждению позитивного отношения к жизни, к людям, окружающим его; возникнет желание учиться дальше, делать полезное для других. Социализация пройдет успешнее и спокойнее. Свою миссию мы видим именно в этом: помочь детям жить, развиваться, быть успешными в социуме. Нельзя забывать, что каждый ребенок обязательно станет взрослым и от решений, принятых нами сегодня, будут зависеть завтрашние победы и поражения наших детей. Хотелось бы верить, что их ждут только победы.

### **Список литературы**

1. Крючкова, О. Г. Использование информационных технологий в обучении людей со специальными образовательными потребностями. Обзор терминологии и типов программного обеспечения. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://urok.1sept.ru/articles/415766>
2. К вопросу о безопасности работы на компьютере. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.logopunkt.ru/bez.htm>
3. Компьютер в специальном образовании. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.logopunkt.ru/viz.htm>

## Онлайн-редакторы электронных таблиц для подготовки к экзамену по информатике

В. С. Попов, email: popov\_vlad@bmstu.ru  
Д. А. Видьманов, email: vidmanov@bmstu.ru

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)

**Аннотация.** В данной работе приводится список онлайн-редакторов электронных таблиц, применение которых возможно при подготовке к ЕГЭ по информатике, а также их преимущества и недостатки при подготовке к ЕГЭ по информатике.

**Ключевые слова:** электронные таблицы, spreadsheets, SAAS, онлайн-редактор электронных таблиц, online spreadsheet editor, Google Таблицы, Excel в Интернете, Microsoft 365, редактирование файлов Office, Numbers, P7-Офис, Zoho, ЕГЭ.

### Введение

При подготовке учеников к единому государственному экзамену авторы неоднократно сталкивались с проблемой отсутствия необходимого для подготовки программного обеспечения (далее – ПО) на личном компьютере выпускника или на компьютерах образовательных организаций по различным причинам, например:

- Использование неактивированных версий ПО.
- Отсутствие лицензий на ПО.
- Проблемы с установкой ПО.
- Использование ПО, отсутствующего на экзамене.
- Устаревшее аппаратное и/или программное обеспечение.

Проблема отсутствия необходимого ПО на компьютерах может привести к негативным последствиям от банального невыполнения домашнего задания до отсутствия навыков работы с доступным на экзамене ПО. Ученикам, выбравшим ЕГЭ по информатике, для адекватной подготовки следует использовать ПО, доступное на экзамене и определяемое региональными органами управления образования.

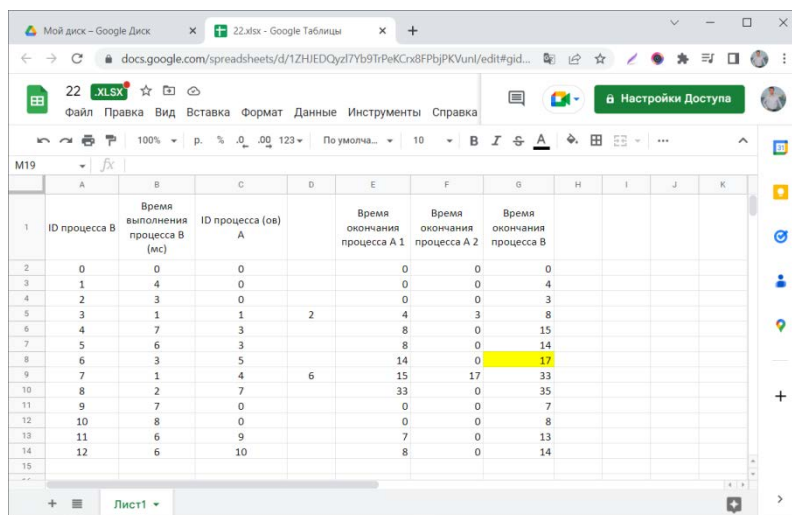
Кроме советов по использованию компьютеров в школах для подготовки к ЕГЭ по информатике и предложений установки необходимого ПО на домашние компьютеры, в качестве временной, но удобной и набирающей популярность альтернативы можно предложить

использование SAAS – software as a service – ПО для удалённого использования.

В данной статье перечислены онлайн-редакторы электронных таблиц, которые могут быть полезны для подготовки к ЕГЭ по информатике. В то же время следует заметить, что в соответствии с [1] и требованиями к оборудованию и ПО на экзамене [2,3] онлайн-редакторы электронных таблиц на ЕГЭ по информатике недоступны, а на компьютере экзаменуемого по информации на конец 2022 года по решению органов УО Москвы должны быть установлены редакторы электронных таблиц Microsoft Excel и LibreOffice Calc.

## 2. Google Таблицы

Google Таблицы являются самым известным и популярным онлайн-редактором электронных таблиц (рис. 1).



The screenshot shows a Google Sheets spreadsheet with the following data:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	ID процесса B	Время выполнения процесса B (мс)	ID процесса (ов) A		Время окончания процесса A 1	Время окончания процесса A 2	Время окончания процесса B				
2	0	0	0		0	0	0				
3	1	4	0		0	0	4				
4	2	3	0		0	0	3				
5	3	1	1	2	4	3	8				
6	4	7	3		8	0	15				
7	5	6	3		8	0	14				
8	6	3	5		14	0	17				
9	7	1	4	6	15	17	33				
10	8	2	7		33	0	35				
11	9	7	0		0	0	7				
12	10	8	0		0	0	8				
13	11	6	9		7	0	13				
14	12	6	10		8	0	14				
15											

Рис. 1. Google Таблицы

На рис. 1 приведён пример решения задания № 22 демонстрационного варианта ЕГЭ по информатике 2023 года, подробно описанного в [4].

Google Таблица доступна бесплатно при регистрации Google-аккаунта, а файлы таблиц могут быть сохранены в облачном хранилище Google Диск <https://drive.google.com> [5].

Хотя все основные русифицированные функции электронных таблиц присутствуют в Google Таблицах, в качестве недостатка при их

использовании при подготовке к ЕГЭ по информатике можно привести отличающийся от экзаменационного ПО интерфейс. Большим преимуществом Google Таблиц является их интеграция с другими сервисами Google.

### 3. Excel в Интернете

В случае отсутствия на компьютере ученика пакета программ Microsoft Office для ознакомления и получения базовых навыков работы с Microsoft Excel может быть использован онлайн-редактор Excel в Интернете (рис. 2).

Онлайн-редактор Excel в Интернете доступен бесплатно при регистрации учётной записи Microsoft через облачное хранилище Microsoft OneDrive <https://onedrive.com> [6].

Основные элементы интерфейса Excel в Интернете схожи с элементами интерфейса Microsoft Office Excel, что является преимуществом при использовании этого онлайн-редактора электронных таблиц для подготовки к ЕГЭ. Количество доступных функций Excel в Интернете по сравнению с Microsoft Office Excel меньше, но необходимые для выполнения заданий ЕГЭ по информатике основные функции электронных таблиц, такие как сортировка, фильтрация, разделение текста по столбцам, встроенные функции для формул, присутствуют.

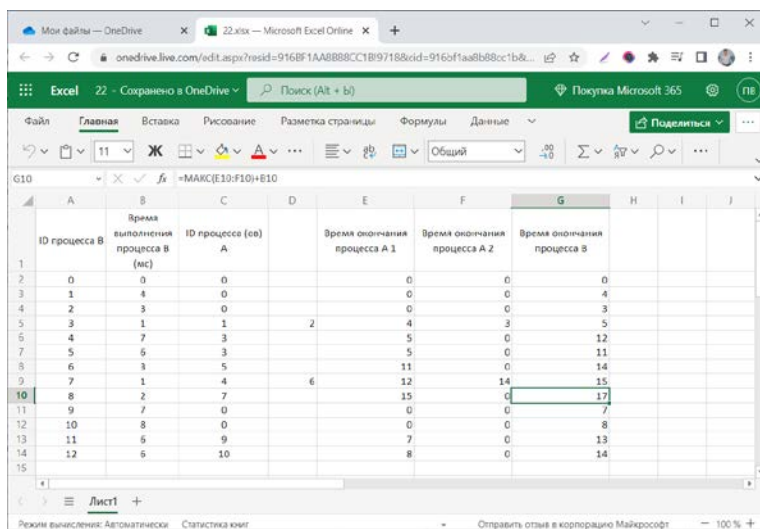


Рис. 2. Excel в Интернете

#### 4. Расширения Office для браузера и Microsoft 365

Для работы с электронными таблицами в браузерах существует ряд бесплатных расширений [7], самыми известными из которых являются Microsoft 365 (рис. 3, 4, старые названия – Расширение Office для браузера, Приложение Office) и Редактирование файлов Office от Google (рис. 5, 6).

Пользовательский интерфейс электронных таблиц Microsoft 365 для Chrome совпадает с интерфейсом Excel в Интернете.

Расширение Редактирование файлов Office позволяет перетащить локальный файл электронной таблицы в браузер Chrome для просмотра электронной таблицы в режиме совместимости с Office, предоставляющем ограниченную функциональность. Для получения полноценных возможностей при редактировании файла, его следует сохранить как таблицу Google, при этом электронная таблица будет сохранена на Google Диске.

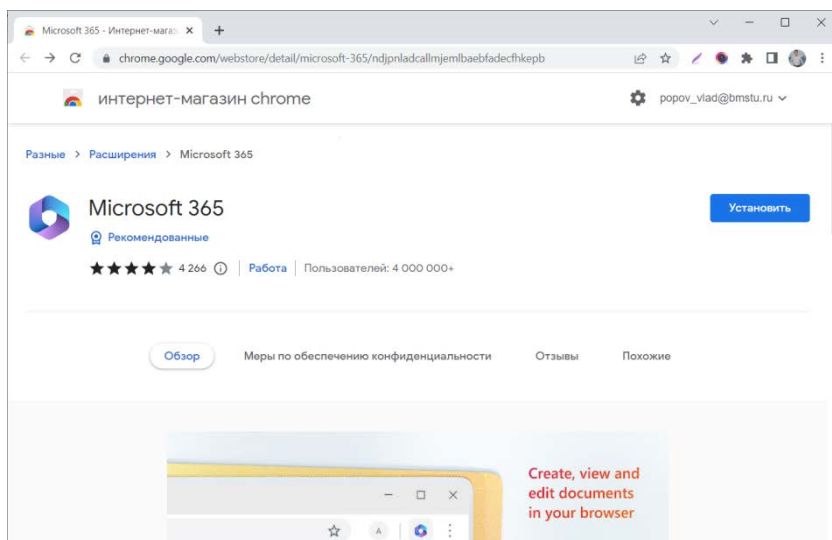


Рис. 3. Расширение Microsoft 365 в интернет-магазине Chrome

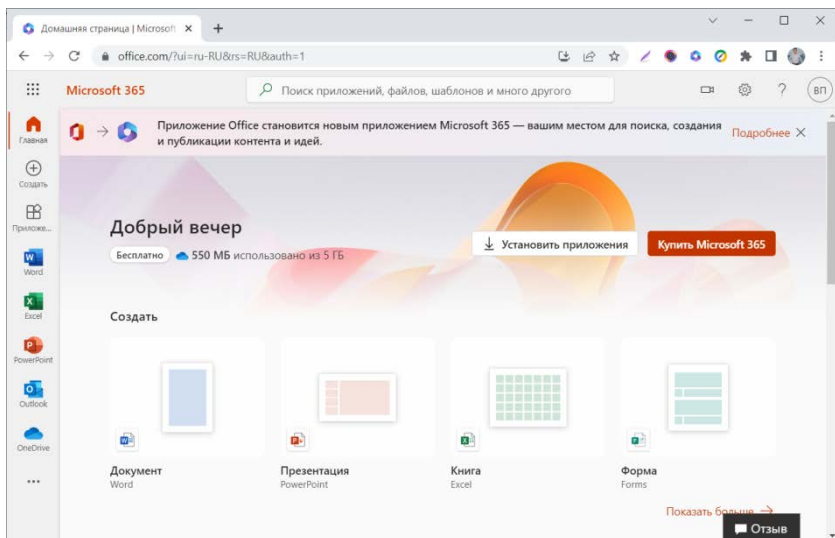


Рис. 4. Главная страница расширения Microsoft 365 для Chrome

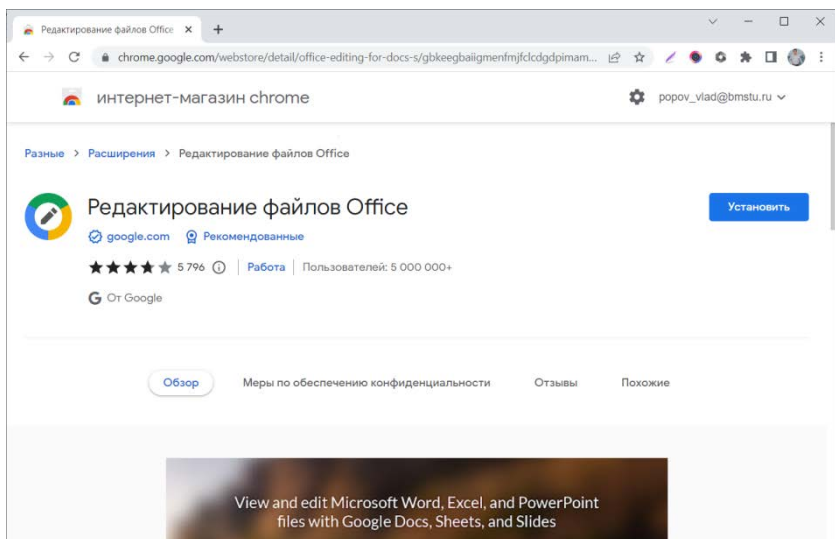


Рис. 5. Расширение Редактирование файлов Office в интернет-магазине Chrome

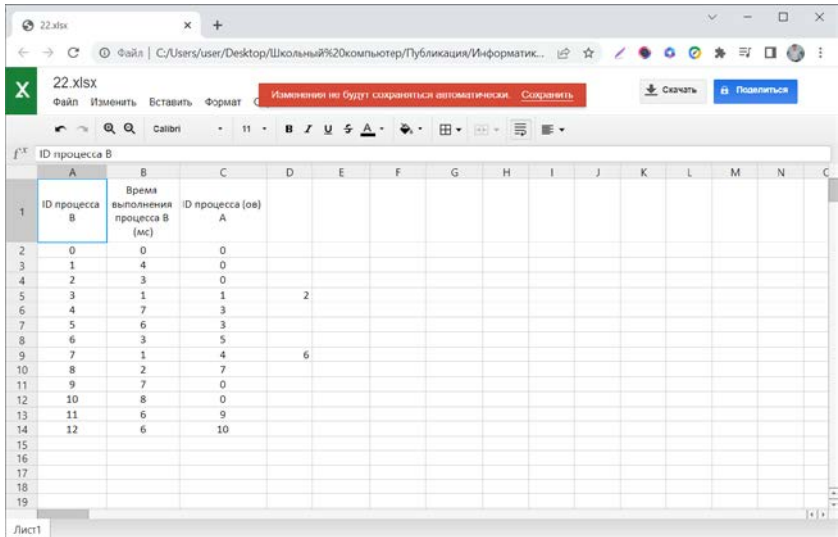


Рис. 6. Работа расширения Редактирование файлов Office

## 5. Numbers for iCloud

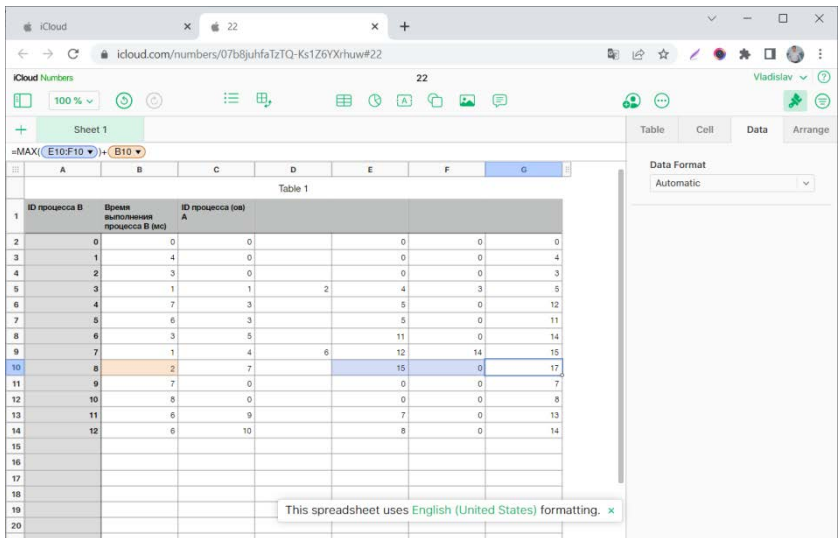


Рис. 7. Numbers for iCloud



Для использования Numbers for iCloud необходим Apple ID. Онлайн-редактор электронных таблиц Numbers for iCloud (рис. 7) доступен бесплатно в личном кабинете iCloud <https://www.icloud.com> [8].

Хотя компьютеры Apple не используются на экзамене по информатике, применение Numbers for iCloud при обучении работе с электронными таблицами может быть полезным для изучения англоязычных названий функций электронных таблиц и различных пользовательских интерфейсов.

## 6. P7-Офис в Яндекс.Документах

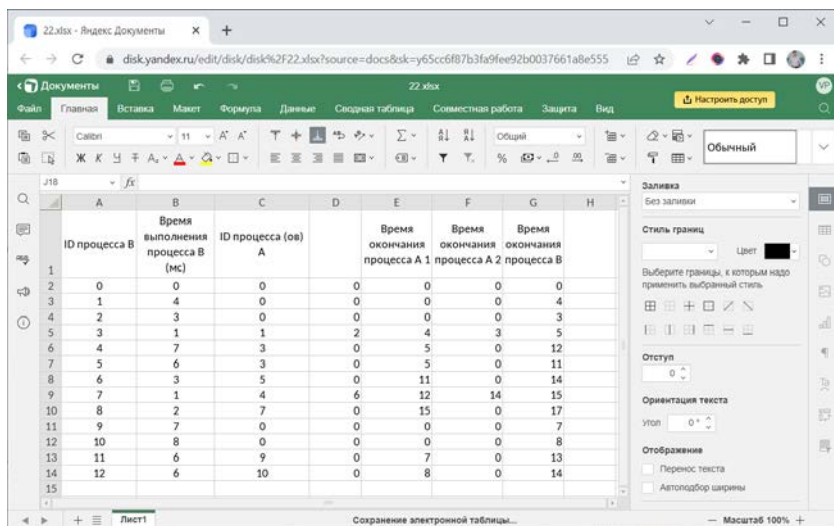
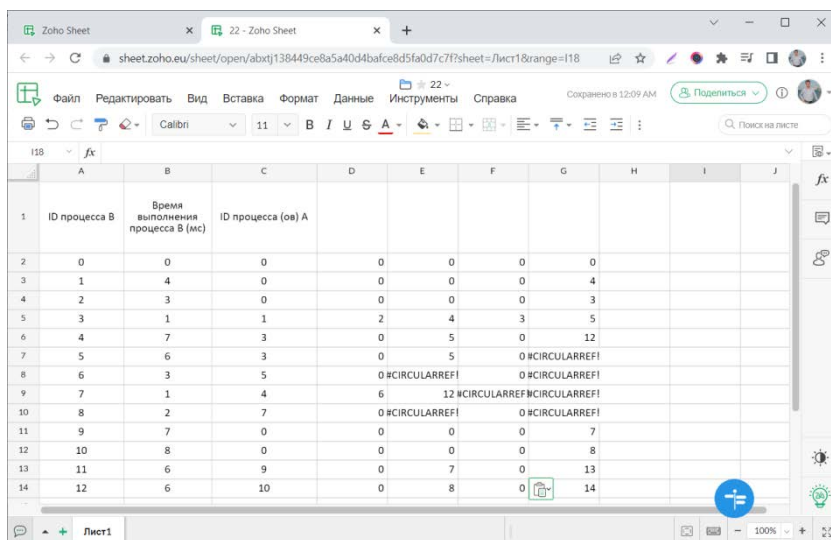


Рис. 8. Онлайн-редактор таблиц P7-Офис в Яндекс.Документах

Российская компания P7-Офис бесплатно предоставляет онлайн-редактор электронных таблиц пользователям Яндекс, имеющим аккаунт (рис. 8). Электронная таблица сохраняется в облачном сервисе Яндекс.Документы [9]. В веб-приложении используется вкладочный интерфейс, напоминающий интерфейс Microsoft Office, расположение всех основных доступных функций электронных таблиц P7-Офис совпадает с их расположением в Microsoft Office Excel. Хотя отечественный P7-Офис по состоянию на конец 2022 года не входит в список программ, доступных на ЕГЭ по информатике в Москве [1], его использование может быть полезным для подготовки к ЕГЭ по информатике и обучения работе с электронными таблицами из-за

схожести интерфейса с Microsoft Office Excel, а также ввиду широкого использования сервисов Яндекс в России.

## 7. Zoho Sheet



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	ID процесса B	Время выполнения процесса B (мс)	ID процесса (ав) A							
2	0	0	0	0	0	0	0			
3	1	4	0	0	0	0	0	4		
4	2	3	0	0	0	0	0	3		
5	3	1	1	2	4	3	5			
6	4	7	3	0	5	0	12			
7	5	6	3	0	5	0	#CIRCULARREF!			
8	6	3	5	0	#CIRCULARREF!	0	#CIRCULARREF!			
9	7	1	4	6	12	#CIRCULARREF!	#CIRCULARREF!			
10	8	2	7	0	#CIRCULARREF!	0	#CIRCULARREF!			
11	9	7	0	0	0	0	7			
12	10	8	0	0	0	0	8			
13	11	6	9	0	7	0	13			
14	12	6	10	0	8	0				

Рис. 9. Zoho Sheet

Zoho Sheet (рис. 9) является одним из самых известных онлайн-редакторов электронных таблиц [10] и может быть использован для обучения работе, в том числе групповой, с электронными таблицами.

## 8. Применение

Рассмотренные в статье онлайн-редакторы электронных таблиц могут быть применены как для обучения работе с электронными таблицами, так и для организации обучения и управления образовательным процессом [11, 12].

## Заключение

В статье были рассмотрены онлайн-редакторы электронных таблиц, которые могут быть применены при отсутствии Microsoft Office или Libre Office на школьном или домашнем компьютере выпускника, выбравшего ЕГЭ по информатике. Рассмотренные онлайн-редакторы электронных таблиц позволяют получить навыки работы с электронными таблицами, в некоторых случаях изучить интерфейс электронных таблиц, близкий к интерфейсу приложения Microsoft

Office, а также предоставляют удобные возможности удалённой работы без установки дополнительного ПО. Все рассмотренные онлайн-редакторы электронных таблиц позволяют развивать коммуникацию и коллаборацию учеников при совместной работе над таблицами. Для учителей и преподавателей рассмотренные онлайн-редакторы электронных таблиц могут быть полезны в организации обучения и управлении образовательным процессом.

### Список литературы

1. Черницына, Л. Ю. Государственная итоговая аттестация по информатике. Новый формат, содержание и задания [Электронный ресурс]: ГБОУ ГМЦ ДОНМ, 2021. – Доступ из локальной сети ГБОУ ГМЦ ДОНМ.
2. Федеральный центр тестирования [Электронный ресурс]: Интернет-сайт – Режим доступа: <https://rustest.ru>
3. Рособрназор [Электронный ресурс]: Интернет-сайт – Режим доступа: <https://obrnadzor.gov.ru>
4. Попов, В. С. Новая задача ЕГЭ по информатике № 22: решение в электронных таблицах. / В. С. Попов // Потенциал: Математика, Физика, Информатика. – 2022. – № 10.
5. Google Диск [Электронный ресурс]: Облачное хранилище данных – Режим доступа: <https://drive.google.com>
6. OneDrive [Электронный ресурс]: Облачное хранилище данных – Режим доступа: <https://onedrive.com>
7. Интернет-магазин Chrome [Электронный ресурс]: Интернет-сайт – Режим доступа: <https://chrome.google.com/webstore/>
8. iCloud [Электронный ресурс]: Облачное хранилище данных – Режим доступа: <https://www.icloud.com>
9. Яндекс.Документы [Электронный ресурс]: Облачное хранилище данных – Режим доступа: <https://docs.yandex.ru>
10. Zoho Sheet [Электронный ресурс]: Онлайн-редактор электронных таблиц – Режим доступа: <https://www.zoho.com>
11. Видьманов, Д. А. Визуализация академической успеваемости в электронных таблицах облачных сервисов с использованием веб-приложения и мобильных устройств / Д. А. Видьманов // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2022. – № 3. – С. 20-30. – DOI 10.25791/pribor.3.2022.1327. – EDN IQFQBM.
12. Попов, В. С. Организация промежуточного контроля уровня знаний студентов с использованием Google Forms, Google Spreadsheets и Google Drive / В. С. Попов // Critic Special Issue No. 19. – New Delhi: Centre of Russian Studies, School of Language, Literature & Culture Studies, Jawaharlal Nehru University, 2021. – ISSN 2229-7146. – С. 197-208.

## Опыт использования портала «Электронный университет ВГУ» в образовательном процессе

И. В. Протасова, email: protasova@vsu.ru  
Н. С. Дожев, А. В. Бородин, Л. Д. Зубарева, С. П. Ряполов, А. В.  
Семенихина, А. П. Толстобров

Воронежский государственный университет

**Аннотация.** *Использование электронных ресурсов в образовательном процессе является неотъемлемым атрибутом времени. Оно требует регламентации на всех этапах образовательного процесса и регулируется законодательно. Система управления обучением является составной частью электронной информационно-образовательной среды ВУЗа. Образовательный портал «Электронный университет ВГУ» на платформе LMS Moodle позволяет решать широкий спектр организационных и образовательных задач. Показаны перспективные направления использования Портала и отражена возможность расширения функционала. Сформулированы проблемы, возникающие при создании и реализации курсов.*

**Ключевые слова:** *электронный курс, система управления обучением Moodle, критерий качества курса.*

### Введение

Одним из основных информационно-образовательных ресурсов ФГБОУ ВО «ВГУ», обеспечивающих взаимодействие участников образовательного процесса при реализации образовательных программ с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий является портал «Электронный университет ВГУ» [1,2]. Образовательный процесс может быть реализован как в исключительно дистанционном, так и смешанном/«гибридном» формате. его проведении как с применением исключительно в чисто дистанционном, так и в смешанном формате, является портал «Электронный университет ВГУ» [1]. На настоящий момент с его помощью реализуется ряд организационных задач, например, таких, как регламентированная поддержка всех элементов образовательных программ поддержкой электронными учебными курсами [3]. На начало 2022-2023 учебного года на портале насчитывается более 20000 электронных курсов. Следует отметить, что изменение во времени числа размещаемых на портале электронных

курсов тесно связано с форматом обучения (рис. 1). Наличие портала позволяет эффективно решить задачу быстрого перехода от чисто дистанционного формата к смешанному и обратно.

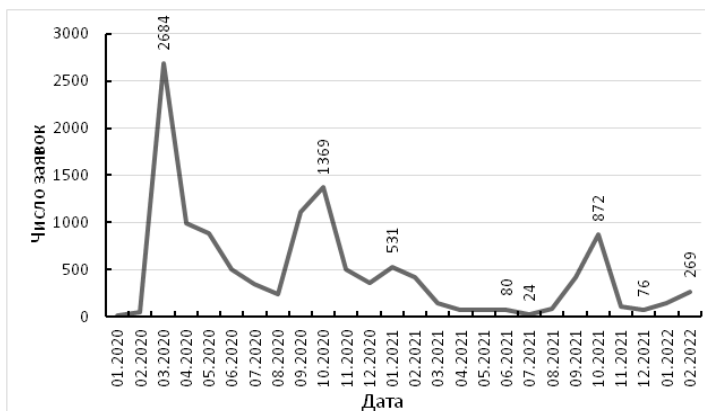


Рис. 1. Динамика создания электронных курсов на портале «Электронный университет ВГУ»

Так называемая «привязка» электронного курса к дисциплине, реализуемой в определенном семестре, осуществляется с помощью блока «Учебные планы и студенты». Она позволяет организовать групповую подписку студентов к электронному курсу (рис. 2).

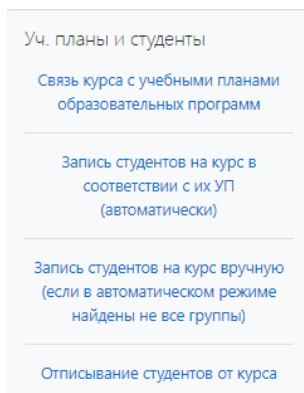


Рис. 2. Блок для ассоциации электронного курса с дисциплиной учебного плана и групповой подписки студентов к ЭУК.

Регламент поддержки электронными ресурсами образовательного процесса предполагает наличие электронных учебных курсов для каждой реализуемой дисциплины основной профессиональной образовательной программы [3].

Наличие связи между электронным учебным курсом и дисциплиной, в которой этот курс используется, дает возможность получать актуальную оценку оснащенности дисциплин электронными учебными курсами (рис. 3).

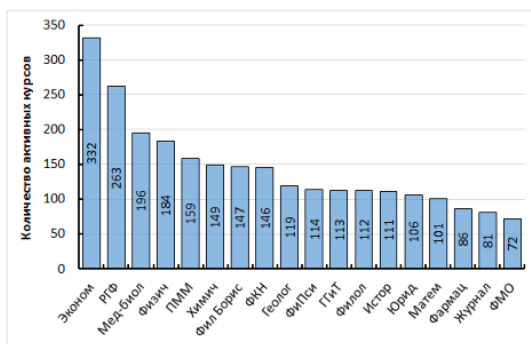


Рис. 3. Активные электронные учебные курсы на портале «Электронный университет ВГУ» (данные на октябрь 2022 г.)

Активное использование электронного курса предполагает наличие в нем не только информационных и оцениваемых элементов, но и их активное использование всеми пользователями курса. Для мониторинга активности курсов разработана шкала оценок элементов электронных курсов, учитывающая их назначение и востребованность преподавателями и студентами в учебном процессе [3]. Возможность отследить число обращений к элементам курса, количество выставленных оценок, наполненность банка вопросов и др., позволяет провести сравнительный анализ качества активных курсов на портале с целью прогнозирования развития структуры и направления их развития.

Согласно принятому в университете положению [3], электронные учебные курсы, имеющие определенную структуру, набор рабочих элементов и активно используемые в учебном процессе, получают статус интерактивного Электронного Учебно-Методического Комплекса Воронежского государственного университета. Указание на них в печатных и электронных изданиях, списках трудов может оцениваться как ссылка на электронную публикацию при рассмотрении публикационной активности преподавателя. Наибольшую

востребованность такой оценки можно было наблюдать в период проведения занятий в дистанционном формате (рис. 1, 4). Этот период вызвал не только резкое увеличение зарегистрированных на портале курсов, но и их активное использование, а также рост их качества.

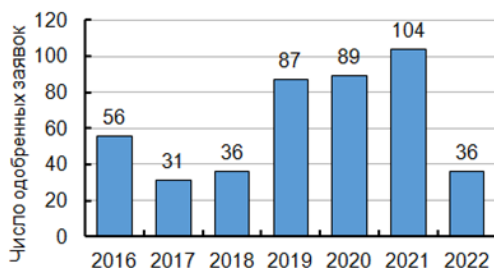


Рис. 4. Количество активных электронных учебных курсов, признанных ЭУМК

Введенный мониторинг качества электронных учебных курсов позволил оптимизировать процесс их создания. Добавилось обязательное отслеживание текущей успеваемости в курсе через отражение выставленных оценок в Журнале оценок, электронные курсы дополнены возможностью проверки выпускных квалификационных работ с помощью сервиса Антиплагиат, контроля проведения государственных итоговых испытаний вступительных испытаний и промежуточной аттестации в дистанционном формате с использованием сервиса Прокторинга.

### Заключение

Работа по созданию и использованию электронного учебного курса требует умений работы с платформой Moodle, навыков применения элементов для выполнения образовательных задач и их использования. Появление новых педагогических технологий требует совершенствования цифровых образовательных инструментов. Быстро развивающиеся цифровые технологии, их активное использование в образовательном процессе меняет формат взаимодействия участников образовательного процесса. Это, в свою очередь, определяется цифровой грамотностью преподавателей и обучающихся.

Это, в свою очередь, требует изменения структуры учебной нагрузки и методики оценивания трудозатрат [4,5].

### Список литературы

1. «Электронный университет ВГУ» [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://edu.vsu.ru>.
2. LMS Moodle [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://moodle.org>.
3. Положение об электронных учебных курсах Воронежского государственного университета [Электронный ресурс]: Режим доступа: [http://www.tqm.vsu.ru/index.php?id=112&doc=docu\\_8351](http://www.tqm.vsu.ru/index.php?id=112&doc=docu_8351).
4. Толстобров, А. П. Электронное обучение в университете: состояние и проблемы / А. П. Толстобров // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Проблемы высшего образования. – 2019. – № 4. – С. 71-75. – [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_41452102\\_66282632.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_41452102_66282632.pdf).
5. Чупандина, Е. Е. Реализация онлайн-обучения в Воронежском государственном университете / Е. Е. Чупандина., А. В Семенихина. // Высшее образование в России. – 2018. – Т. 27. – № 8-9. – С. 103-110. – <https://doi.org/10.31992/0869-3617-2018-27-8-9-103-110>



# Использование сервиса Quizlet как средства реализации практико-ориентированных заданий в школьном курсе информатики

С. И. Проценко, email: svproc@yandex.ru  
Е.А. Крючкова

ФГБОУ ВО «Мордовский государственный педагогический университет имени М. Е. Евсевьева»

**Аннотация.** *Цифровые технологии активно используются в профессиональной деятельности педагога. С их помощью повышается эффективность образовательных процессов, качество образовательных услуг и других параметров системы образования. Прогресс в сфере использования цифровых технологий в школах осуществляется с большой интенсивностью и приводит к развитию всего образовательного процесса. В статье рассмотрен сервис Quizlet для использования в деятельности педагога и для повышения качества образовательного процесса. Выявлена практическая польза вышеуказанного сервиса в процессе обучения информатике, изложена его многофункциональность, наиболее эффективные варианты его использования. Перечислены основные возможности сервиса Quizlet для обеспечения самостоятельной работы учеников как на уроках, так и во внеурочной деятельности, представлены разнообразные типы заданий для групповой и парной работы обучающихся, а также выделены достоинства и недостатки данного сервиса.*

**Ключевые слова:** *цифровизация, образование, цифровые технологии, электронные приложения, сервис Quizlet, учебный модуль, алгоритм, операторы C++, приложения, информатика.*

## Введение

В эпоху цифровизации обучения особую важность приобретает подбор и внедрение адекватных образовательных инструментов, которые могли бы эффективно удовлетворять потребности всех участников образовательного процесса [1].

Цифровизация обучения изначально воспринималась традиционными образовательными системами как вызов, и преподавание информатики в школе не было исключением. На сегодняшний же день цифровизация значительно облегчила процесс обучения информатике [2].

В процессе изучения информатики ученики сталкиваются с такими сложностями как эффективное запоминание операторов разных языков программирования.

В настоящее время разработан целый ряд мобильных приложений, которые активно внедряются в образовательный процесс и решают задачу эффективного усвоения новой информации. Среди наиболее актуальных электронных приложений и сервисов для запоминания и изучения различного рода информации особое место занимает Quizlet и заслуживает отдельного рассмотрения [3]. Quizlet – это сервис для быстрого создания тренажеров, которые помогут запомнить любой материал разными способами (на слух, написание и т. д.). Для этого мы добавляем в Quizlet слова, которые хотим потренировать, и картинки к ним для лучшего запоминания.

### **1. Функционал сервиса Quizlet**

Данным сервисом пользуются более 60 млн. человек ежемесячно, из которых 90 % отмечают, что с момента установки мобильного приложения Quizlet количество усвоенного материала значительно увеличилось, а успеваемость в образовательных учреждениях улучшилась [4]. Сервис функционирует в виде бесплатно скачиваемого мобильного приложения, совместимого с операционными системами Android и iOS, и компьютерного онлайн-приложения. После регистрации все данные, курсы и наборы учебных карточек синхронизируются на любом устройстве, с которого будут осуществлены дальнейшие входы через адрес электронной почты или логин и придуманный пользователем пароль.

Сервис Quizlet имеет бесплатную и платную версии. Бесплатная версия предлагает широкий спектр заданий, направленных на запоминание новой лексики, в связи с чем необходимость приобретать исключительно платную версию отсутствует. В Quizlet можно отправлять ученикам ссылку на курс, либо они сами могут найти его по имени преподавателя [5].

В Quizlet существует семь разных способов работы: пять учебных режимов и две игры.

1. В режиме карточки ученики видят все карточки, переворачивают их, чтобы повторять термины и определения.

2. В режиме заучивания будет создан индивидуальный план обучения, основанный на овладении материалом модуля. Чтобы завершить этап, необходимо правильно ответить на каждый вопрос дважды. По завершении каждого этапа все термины будут сгруппированы по уровню овладения ими: «знакомые» означает, что ученик ответил правильно один раз, а «усвоенные» – два раза [6].

3. В режиме письма будет дано определение или картинка термина и оценивается, насколько хорошо ученик знает материал и делает ли ошибки в написании. Когда ученик заканчивает первый этап, режим письма начнет второй, в котором будут использоваться вопросы, на которые было отвечено неправильно в первом этапе. Чтобы завершить этап режима письма и просмотреть свои результаты, необходимо правильно ответить на каждый вопрос дважды [7].

4. В режиме правописание надо прописать услышанное.

5. В режиме тестирования автоматически создаются разные варианты тестов.

6. В игре подбор ученики подбирают правильные термины к определениям как можно быстрее и соревнуйтесь на время друг с другом.

7. В игре гравитация ученики должны дать правильные ответы.

## 2. Разработка карточек с помощью сервиса Quizlet

Как же создавать карточки? Для входа в сервис необходимо зарегистрироваться или произвести вход через Google или Facebook. Необходимо ввести название модуля, затем ввести термины и определения. Также можно изменить настройки видимости (видно всем пользователям Quizlet / определенным курсам/участникам с паролем/только создателю модуля) и редактирования (редактируется только создателем модуля/определенным курсам/участникам с паролем). Также к каждому термину автоматически предлагается определение и соответствующая картинка (в бесплатной версии невозможно загружать свои картинки).

Порядок создания учебных карточек представлен на рис. 1-5.

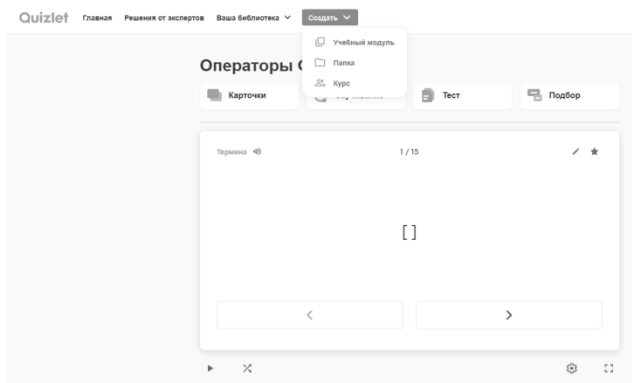


Рис. 1. Шаг 1 – Создание учебного модуля.

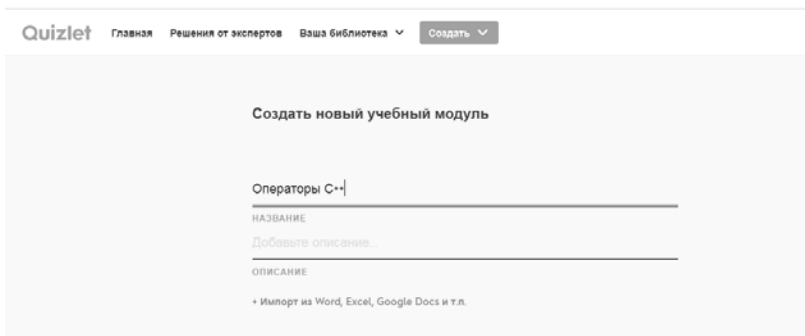


Рис. 2. Шаг 2 – Название учебного модуля.

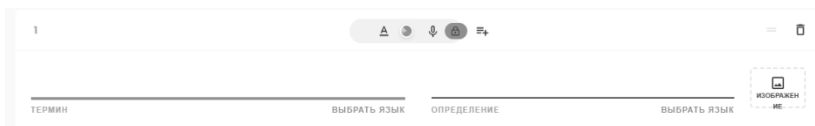


Рис. 3. Шаг 3 – Введение термина и определения.

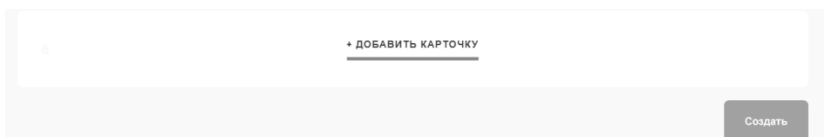


Рис. 4. Шаг 4 – Добавление дополнительной карточки.

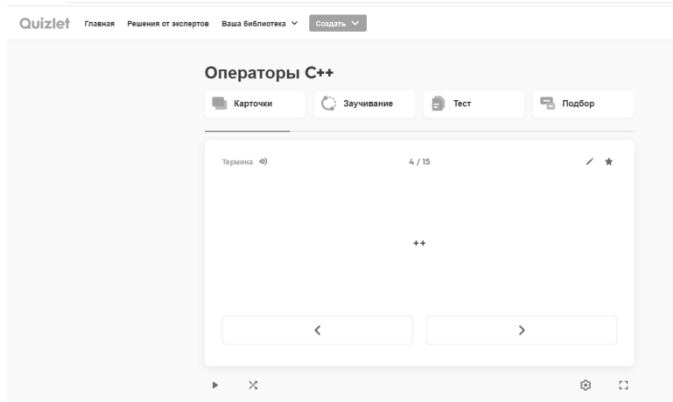


Рис. 5. Шаг 5 – Результат создания учебного модуля.

Используя данный алгоритм, был разработан учебный модуль «Операторы C++», который можно посмотреть, пройдя по ссылке: [https://quizlet.com/\\_cfvfv2?x=1jqt&i=3q8j4b](https://quizlet.com/_cfvfv2?x=1jqt&i=3q8j4b).

Открывая ссылку, мы переходим на главную страницу с карточками. Всего 15 карточек для запоминания операторов. Лицевая сторона карточки состоит из термина (рис. 6), нажав в любое место карточки, она перевернется и появится обратная сторона карточки (рис. 7).

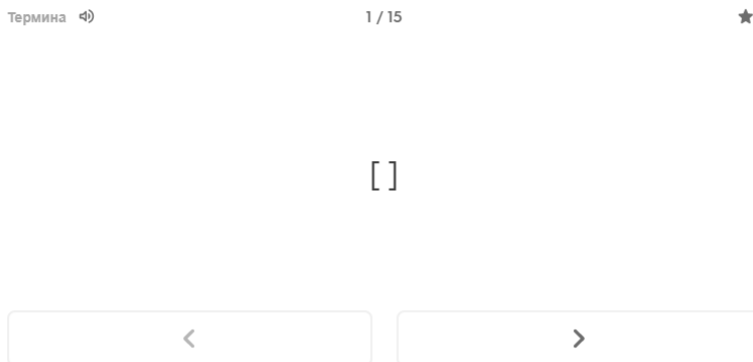


Рис. 6. Лицевая сторона карточки.

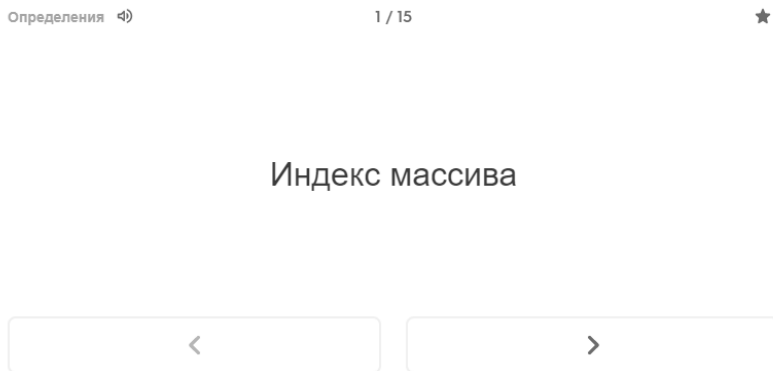


Рис. 7. Обратная сторона карточки.

Данный модуль был разработан для использования на этапе запоминания операторов языка программирования С++, которые необходимы для управления процессом выполнения программы. Язык программирования С++ богат встроенными операторами и включает в себя следующие типы:

1. Арифметические операторы;
2. Реляционные операторы;
3. Логические операторы;
4. Побитовые операторы;
5. Операторы присваивания;
6. Другие операторы.

Без знаний операторов не получится написать программу. Quizlet поможет запомнить операторы без каких-либо сложностей.

Так, например, преподаватель может объединить обучающихся в пары, задать режим «карточки» для работы, и предложить одному человеку в паре составлять вопросы с выпадающими словами и выражениями, а другому - отвечать на них. Это задание можно выполнять по очереди, чтобы каждый обучающийся попробовал себя в качестве опрашивающего и опрашиваемого [8]. Оно способствует закреплению навыков по информатике (например, в теме «Операторы С++»).

### **Заключение**

Мобильный сервис Quizlet обладает рядом неоспоримых преимуществ:

1. Удобный и понятный интерфейс, легкий способ запоминания слов и оборотов, можно легко упростить и усложнить одну и ту же задачу.
2. Возрастная адаптация. Даже самые маленькие ученики с интересом соревнуются друг с другом (дети достаточно быстро осваивают программу и вполне осознанно используют ее).
3. Экономия времени (за небольшой временной период удается прочно запомнить и закрепить нужный материал).

Сервис подходит для всех видов работы: индивидуальной, парной, групповой и фронтальной. Его можно использовать как вспомогательный образовательный инструмент вне учебной аудитории и непосредственно на занятии [9]. Он создает оптимальные условия для самостоятельной работы учеников, отслеживая их прогресс и автоматически определяя наиболее сложные термины, объединяя их в отдельную «контрольную» группу, которая будет проверяться чаще с целью лучшего усвоения [10].

Что касается недостатков сервиса, главным из них является отсутствие автоматического исправления орфографических ошибок и программирование всего лишь одного верного ответа. Любое отступление от внесенного в учебную карточку ответа воспринимается как ошибка, хотя может ей и не являться. Соблюдая вышеуказанные рекомендации, можно эффективно внедрить Quizlet в процесс преподавания как информатики, так и других школьных дисциплин и повысить качество усвоения определения терминов обучающимися.

### Список литературы

1. Маниковская, М. А. Цифровизация образования: вызовы традиционным нормам и принципам морали / М. А. Маниковская // Власть и управление на Востоке России. – 2019. – № 2 (87). – С. 100-106.
2. Дидактическая концепция цифрового профессионального образования и обучения / П. Н. Биленко [и др.] ; под науч. ред. В. И. Блинова – М.: Издательство «Перо», 2019. – 98 с.
3. Аксютин, А. А. Информационные технологии в образовании и науке / А. А. Аксютин, А. А. Вицен, Ж. В. Мекшенева // Современные наукоемкие технологии. – 2009. – № 11. – С. 50-52.
4. Алиева, Э. Ф. Цифровая переподготовка: обучение руководителей образовательных организаций / Э. Ф. Алиева, А. С. Алексеева, Э. Л. Ванданова, Е. В. Карташова, Г. В. Резапкина // Образовательная политика. – 2020. – № 1 (81). – С. 54-61.
5. Антонова, Д. А. Цифровая трансформация системы образования. Проектирование ресурсов для современной цифровой учебной среды как одно из ее основных направлений / Д. А. Антонова, Е. В. Оспенникова, Е. В. Спириин // Вестник Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета. Серия: Информационные компьютерные технологии в образовании. – 2018. № 14. С. 5-37.
6. Мухин, О. И. Формирование таланта в эпоху цифровизации. Модель обучения одаренных и талантливых учащихся / О. И. Мухин // Вестник Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета. Серия: Информационные компьютерные технологии в образовании. – 2017. – № 13. – С. 19-33.
7. Буцык, С. В. «Цифровое» поколение в образовательной системе российского региона: проблемы и пути решения / С. В. Буцык // Открытое образование. – 2019. – № 1. – С. 27-33.
8. Морозов, А. В. Профессионализм учителя как важнейший ресурс и детерминанта качества педагогической деятельности в условиях цифровой образовательной среды / А. В. Морозов, Л. Н. Самборская // Казанский педагогический журнал. – 2018. – № 6 (131). – С. 43-48.
9. Quizlet [Электронный ресурс] : Учебные средства и карточки – Режим доступа: <https://quizlet.com/ru>
10. Уваров А. Ю. На пути к цифровой трансформации школы / А. Ю. Уваров. – М. : Образование и информатика, 2018. – 120 с.

# Использование веб-квестов с задачами учебного содержания в практико-ориентированном обучении информатике

С. И. Проценко, email: svproc@yandex.ru

М. К. Салдина

ФГБОУ ВО «Мордовский государственный педагогический университет имени М. Е. Евсевьева»

**Аннотация.** *В статье отмечается, что обучение информатике сложный процесс, который подразумевает использование различных методических приемов и нестандартных подходов. В настоящее время существует много возможностей по использованию различных сервисов для создания практико-ориентированных заданий и использования их в процессе обучения. Среди большого многообразия таких заданий остановимся на квестах. Квесты в образовании применяются уже достаточно длительное время. Их применение подразумевает решение задач для продвижения по некоторому сценарию. В статье продемонстрирована разработка одной из образовательных игр «Квест» на сайте Joyteka с пошаговым разбором процесса создания. Веб-квесты, составленные на данной платформе, имеют возможность реализации как на уроках информатики, так и для проведения внеклассных и внеурочных мероприятий.*

**Ключевые слова:** информатика, образование, веб-квест, системы счисления.

## Введение

Обучение информатике – сложный процесс, который подразумевает использование различных методических приемов, нестандартных подходов и т.п. для повышения наглядности материала, формирования мотивации изучения информатики. Одной из форм, повышающей интерес к изучаемому материалу, является использование игровых форм, в том числе – квестов. [1,2]

Квесты в образовании применяются уже достаточно длительное время. Их применение подразумевает решение задач для продвижения по некоторому сценарию. Чтобы добраться до некоторой цели, нужно последовательно решить ряд задач, каждая из которых является ключом к следующей [3].



Предварительно для нашего проекта составлены задачи, в которых были использованы материалы, изучаемые на уроках информатики по теме «Системы счисления» [4-6].

### 1. Функционал сервиса Joyteka

В нашей работе для создания веб-квеста использовался сервис Joyteka [7]. Интерфейс сервиса представлен на рис. 1.

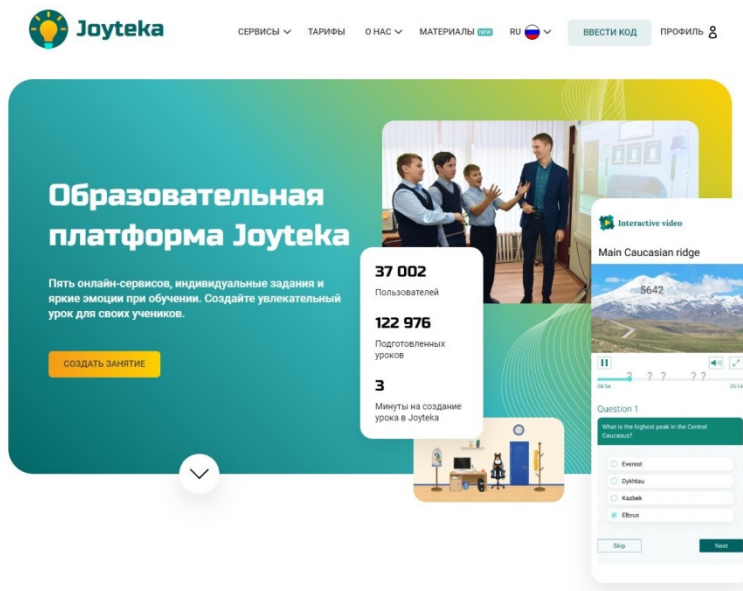


Рис. 1. Интерфейс сервиса Joyteka

В данном сервисе Joyteka (<https://joyteka.com/ru>) можно создавать не только образовательные игры «Квест», но и другие медиапродукты. Например, веб-сервис «Видео», интеллектуальная игра «Викторина», игра «Термины» и сервис проверки знаний «Тест».

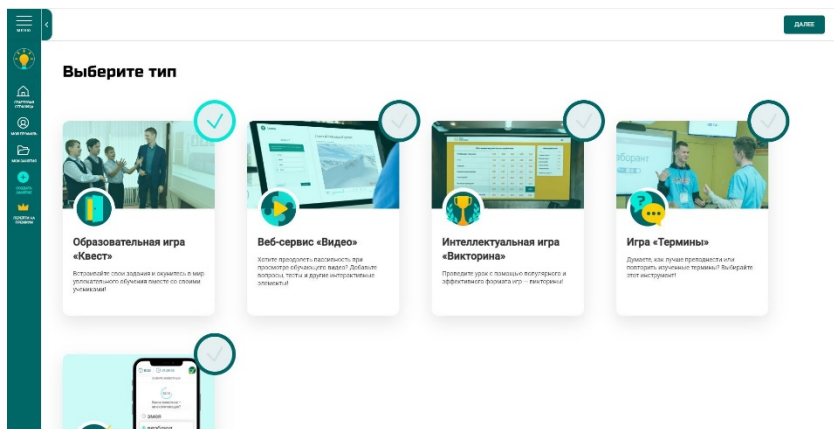


Рис. 2. Типы создаваемых заданий на сайте Joyteka

Задачи составлялись под формат информатического веб-квеста для повышения интереса обучающихся как к данным задачам, так и к предмету «Информатика» в целом. Школьники имеют возможность в процессе решения данных задач «путешествовать» по интерактивной карте (комнате), а также закреплять полученные на уроках знания [8-11].

Веб-квесты составленные на данной платформе имеют возможность реализации, как на уроках информатики, так и для проведения внеклассных и внеурочных мероприятий. Рассмотрим этапы создания такого медиапродукта.

## 2. Методика создания образовательной игры «Квест» на сайте Joyteka

Чтобы иметь возможность создавать образовательные игры «Квест» нужно пройти регистрацию на сайте, указав почту и придумав пароль. Далее, перейдя во вкладку «создать задание», выбирается тип задания из предложенных сайтом. Все имеющиеся варианты заданий представлены на рис. 2.

После выбора типа заданий «Образовательная игра «Квест»» нам предоставляется выбор из множества комнат, с различным уровнем сложности и количеством заданий. Не все комнаты доступны в бесплатной версии, некоторые станут доступны после приобретения Premium версии. Разнообразие комнат представлено на рис. 3.

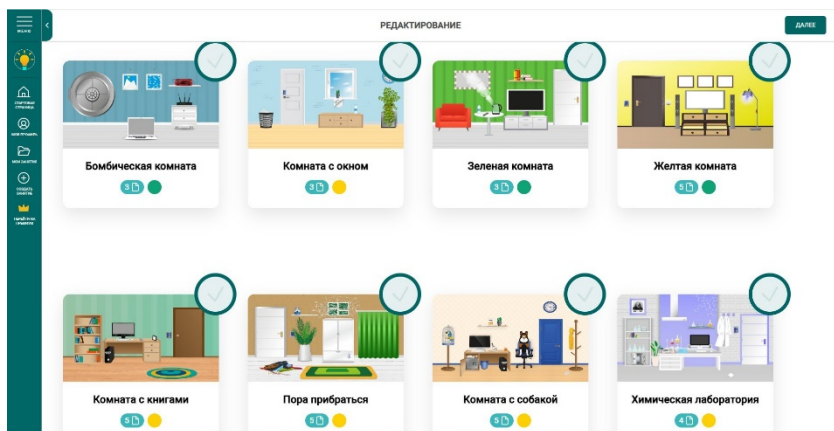


Рис. 3. Виды комнат в задании «Образовательная игра «Квест»» на сайте Joyteka

После выбора интерфейса комнаты мы попадаем на страницу создания самих заданий для образовательной игры «Квест». На этой странице, помимо заданий, мы можем поменять название квеста, его описание.

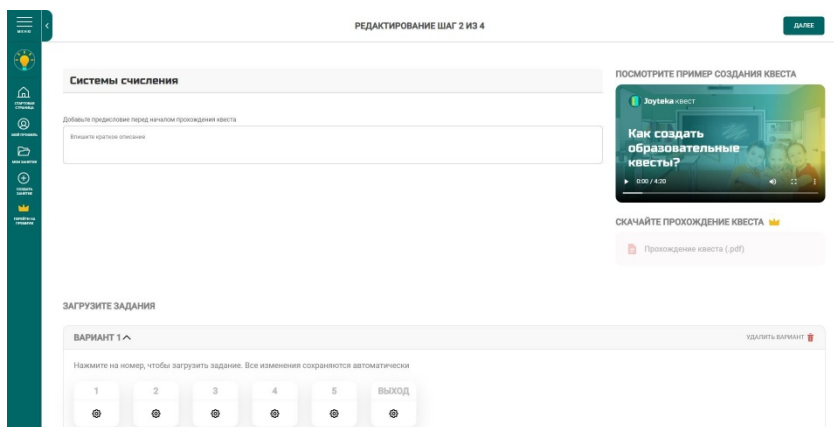


Рис. 4. Страница создания заданий

После создания всех заданий мы переходим на страницу настройки квест-комнаты. Здесь также доступны не только бесплатные функции, но и те, которые открываются при покупке Premium версии.

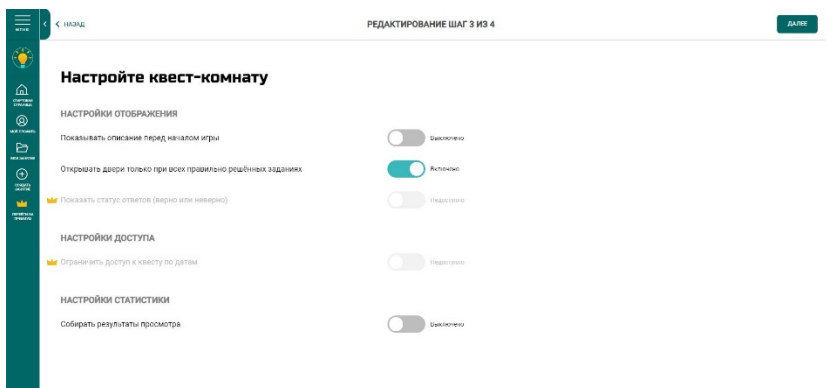


Рис. 5. Интерфейс страницы настройки квест-комнаты

После выставления всех нужных настроек мы завершаем создание образовательной игры «Квест» на сайте Joyteka и переходим на последний шаг редактирования, где формируются ссылка и QR код на прохождение нашей игры.

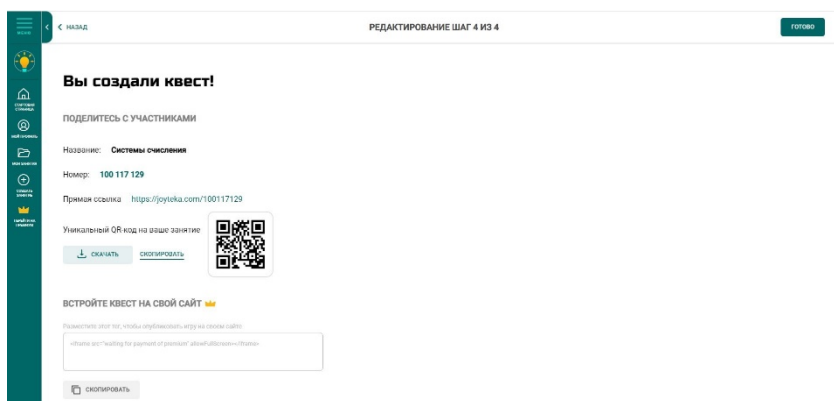


Рис. 6. Интерфейс заключительного шага редактирования квеста

В рамках написания данной работы была создана образовательная игра «Квест» на сайте Joyteka. Ее можно посмотреть перейдя по ссылке <https://joyteka.com/100117129> или отсканировав QR код представленный на рис. 7.



*Рис. 7. QR-код на созданную образовательную игру «Квест» на сайте Joyteka*

### **Заключение**

Подводя итог следует сказать, что, данный проект позволяет решить несколько задач: организовать решение задач по информатике; повысить интерес обучающихся к дисциплине «Информатика»; познакомить детей с интересными фактами такой науки, как «Информатика».

### **Список литературы**

1. Бендукидзе, А. Д. О системах счисления / А. Д. Бендукидзе // Квант – 1975 - №8 – с 59-61.
2. Уваров, А. Ю. Модель цифровой школы и цифровая трансформация образования/ А. Ю. Уваров // Исследователь/Researcher. – 2019. – № 1-2 (25-26).
3. Босова, Л. Л. Информатика и ИКТ Рабочая тетрадь для 8 класса / Л. Л. Босова, А. Л. Босова. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2013. – 95 с.
4. Босова, Л. Л. Информатика и ИКТ. Рабочая тетрадь для 9 класса / Л. Л. Босова, А. Л. Босова. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2012. – 144 с.
5. Босова, Л. Л. Информатика и ИКТ: Учебник для 7 класса / Л. Л. Босова, А. Л. Босова. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2011. – 229 с.
6. Вайман, А. А. Шумеро-вавилонская математика. III-I тысячелетия до н.э. / А. А. Вайман – М.: Изд. вост. лит., 1961. – 278с.

7. Joyteka [Электронный ресурс]: Образовательная платформа – Режим доступа: <https://joyteka.com/ru>
8. Антонова, Д. А. Цифровая трансформация системы образования. Проектирование ресурсов для современной цифровой учебной среды как одно из ее основных направлений/ Д. А. Антонова, Е. В. Оспенникова, Е. В. Спирин // Вестник Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета. Серия: Информационные компьютерные технологии в образовании. – 2018. – № 14. – С. 5–37.
9. Берман, Г. Н. Число и наука о нем. Общеизвестные очерки по арифметике натуральных чисел/ Г. Н. Бермен; – Изд. 3-е. – М.: Физматгиз, 1960. – 164с.
10. Бороненко, Т. А. Развитие цифровой грамотности школьников в условиях создания цифровой образовательной среды / Т. А. Бондоренко, А. В. Кайсина., В. С. Федотова // Перспективы науки и образования. – 2019. – № 2 (38). – С. 167–193.
11. Перлатов, Г. Н. Алгебра и теория чисел: Учеб. пособие для студентов-заочников II курса физ.-мат. фак. пед. ин-тов / Г. Н. Перлатов, Н. А. Казачёк, Н. Я. Виленкин, А. И. Бородин; Под ред. Н.Я. Виленкина – 2-е изд. М.: Просвещение, 1984. – 192 с.

# Онлайн-сервисы как эффективное средство при обучении учащихся системам счисления в основном курсе информатики

С. И. Проценко, email: svproc@yandex.ru  
К. С. Тюрденева

ФГБОУ ВО «Мордовский государственный педагогический университет имени М. Е. Евсевьева»

**Аннотация.** *В данной статье рассматриваются онлайн-сервисы, которые можно использовать на разных этапах процесса обучения, например, на уроке информатики во время объяснения нового материала или при решении задач по теме «Системы счисления». Проводится сравнительный анализ онлайн-сервисов, использование которых способствует более эффективному усвоению знаний обучающихся.*

**Ключевые слова:** *онлайн-сервисы, системы счисления, информатика, двоичная арифметика, правила перевода чисел, задача.*

## Введение

Информатизация образования в настоящее время является необходимым условием развития общества. А совершенствование информационных технологий занимает важное место среди многочисленных инновационных направлений развития образования. Оно нацелено на развитие школьной инфраструктуры, а именно информационной среды образовательного учреждения, что предполагает внедрение и эффективное использование новых информационных сервисов.

Реализация современных электронных технологий в образовательном процессе является одной из приоритетных тенденций развития современной системы образования. Компьютеры, онлайн-сервисы, мультимедийные инструменты используются при изучении любой дисциплины. Поколение «зет» все больше воспринимает информацию в визуальной форме, которая является преобладающей в современном мире [1].

Активность обучающихся – это один из главных критериев, оказывающих влияние на эффективность учебно-воспитательного процесса и, что немаловажно в совершенствовании процесса обучения, является использование инновационных технологий, стимулирующих

становление творческих качеств личности, ориентирующих обучающихся на активную познавательную и практическую деятельность.

Для эффективного использования цифровых технологий при решении учебных и организационных задач образовательные организации применяют разнообразные средства: обучающие компьютерные программы, инструменты компьютерного тестирования, цифровые справочники, энциклопедии и словари, учебные пособия и учебники, электронные библиотеки, электронные журналы и дневники. Работники управления часто используют электронные справочно-правовые системы и специализированные программные средства для решения организационных, управленческих и экономических задач, а также для организации электронного документооборота [2].

Интернет в процессе обучения информатики, открывает огромные возможности перед каждым. Для учеников – повышение мотивации к обучению, различные способы для усвоения учебного материала, а для учителей – реализация дифференцированного и лично ориентированного подхода к учащимся на разных этапах процесса обучения, усовершенствование качества и эффективности образовательного процесса.

В организации учебного процесса очень важно использовать современные технологии и онлайн-сервисы. Именно с их помощью можно не только разрабатывать различные электронные образовательные ресурсы, но и размещать их в сети для совместного доступа и последующей работы с ними.

### **1. Использование онлайн-сервисов на различных этапах уроков информатики**

Готовые электронные пособия не всегда удовлетворяют требованиям учителей, а изменять их содержание требует огромного количества времени, а также знания специальных навыков в области информационно-коммуникационных технологий. Для решения этой проблемы используются различные онлайн-сервисы, в которых каждый учитель самостоятельно может создавать интерактивные упражнения, различные задания на классификацию, нахождение соответствия, заполнения кроссворда и т. д.

Рассмотрим использование онлайн-сервисов на различных этапах урока на примере изучения темы «Системы счисления» в 8 классе в рамках учебника информатики авторов Л. Л. Босовой и А. Ю. Босовой [3].



В данном учебнике тема «Системы счисления» рассматривается с первых уроков. Если мы обратимся к учебно-методическому пособию, то увидим, что на изучение параграфа отводится 4 урока (рис.1) [4].

Номер урока	Тема урока	Параграф учебника, задания РТ
<b>Тема «Математические основы информатики»</b>		
2	Общие сведения о системах счисления	§ 1.1, № 15–37
3	Двоичная система счисления. Двоичная арифметика	§ 1.1, № 38–49, 55–56
4	Восьмеричная и шестнадцатеричные системы счисления. Компьютерные системы счисления	§ 1.1, № 50–51, 53–54, 57–61
5	Правило перевода целых десятичных чисел в систему счисления с основанием $q$	§ 1.1, № 52

*Рис. 1.* План изучения темы «Системы счисления» в 8 классе

В этом параграфе рассматриваются следующие темы: «Общие сведения о системах счисления»; «Двоичная система счисления. Двоичная арифметика»; «Восьмеричная и шестнадцатеричные системы счисления. Компьютерные системы счисления»; «Правило перевода целых десятичных чисел в систему счисления с основанием  $q$ ».

Рассмотрим, каким образом можно осуществить использование онлайн-сервисов на уроках информатики.

В самом начале при изучении темы «Общие сведения о системах счисления», для ознакомления вводятся понятия: «система счисления – это знаковая система, в которой приняты определенные правила записи чисел», «позиционные системы счисления – если количественный эквивалент цифры зависит от ее положения (позиции) в записи числа», «непозиционные системы счисления – если количественный эквивалент (количественное значение) цифры в числе не зависит от ее положения в записи этого числа», «алфавит – совокупность цифр», «цифра – знаки, с помощью которых записываются числа», а так же рассказывается история их появления. Для лучшего восприятия данных терминов, учащимся можно предложить виртуальную экскурсию, где представлены этапы истории развития систем счисления и приведено

множество примеров, демонстрирующих формирование различных систем счисления. Например, «вестоницкая кость», «кипу», «юпана», «антикитерское устройство», «абак», счеты «Суаньпань», «клепсидра», и т. д. [5].

После этого учащимся объясняется свернутая и развернутая запись числа на примерах простых чисел. Затем, для закрепления материала, даются задания из рабочей тетради, фрагмент которой представлен на рисунке 2 [6].

**18. Переведите числа из римской системы счисления в десятичную систему счисления.**

Римская система счисления	Десятичная система счисления
MCXLVII	
MDCCCXII	
MCMXLV	
MMXIV	

**19. Запишите в римской системе счисления:**

Год изобретения радиосвязи

Год первого полёта человека в космос

Год проведения Олимпийских игр в Москве

*Рис. 2. Задания из рабочей тетради*

На втором уроке рассматривается тема «Двоичная система счисления. Двоичная арифметика». В начале урока дается определение двоичной системы счисления, как позиционной системы счисления с основанием 2. Рассказывается о правильной записи таких чисел, а также о правилах перевода в десятичную систему счисления и обратно. Также, описываются принципы сложения и умножения в данной системе. Стоит рассказать обучающимся о том, что существуют онлайн-калькуляторы, которые могут переводить числа из одних систем счисления в другие и

выполнять различные арифметические действия (рис. 3). На данном сайте можно посмотреть и краткое решение, и решение по действиям (рис. 4) [7].

## Системы счисления

### Перевод чисел

Перевести  из -ной в -ную

$$38593_{10} = 1\ 001\ 011\ 011\ 000\ 001_2$$

[Показать решение](#) | [Копировать результат](#)

Рис. 3. «Системы счисления»

Переведем число  $38593_{10}$  в двоичную систему счисления:

- Переведем целую часть:

$$38593 / 2 = 19296 \text{ и остаток } 1$$

$$19296 / 2 = 9648 \text{ и остаток } 0$$

$$9648 / 2 = 4824 \text{ и остаток } 0$$

$$4824 / 2 = 2412 \text{ и остаток } 0$$

$$2412 / 2 = 1206 \text{ и остаток } 0$$

$$1206 / 2 = 603 \text{ и остаток } 0$$

$$603 / 2 = 301 \text{ и остаток } 1$$

$$301 / 2 = 150 \text{ и остаток } 1$$

$$150 / 2 = 75 \text{ и остаток } 0$$

$$75 / 2 = 37 \text{ и остаток } 1$$

$$37 / 2 = 18 \text{ и остаток } 1$$

$$18 / 2 = 9 \text{ и остаток } 0$$

$$9 / 2 = 4 \text{ и остаток } 1$$

$$4 / 2 = 2 \text{ и остаток } 0$$

$$2 / 2 = 1 \text{ и остаток } 0$$

$$1 / 2 = 0 \text{ и остаток } 1$$

- Соберем остатки в обратном порядке:  $38593_{10} = 1\ 001\ 011\ 011\ 000\ 001_2$

Рис. 4. Перевод чисел, решение по действиям

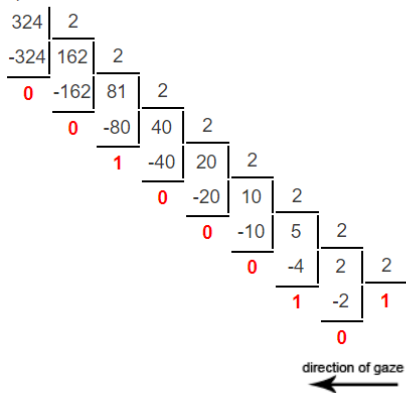
Для сравнения рассмотрим еще один сайт. В нем уже нельзя считать арифметические действия, но можно переводить из одной системы счисления в другую (рис. 5) [8].

Так же для того, чтобы закрепить материал, даются задания из рабочей тетради (рис. 6) [6].

Вы ввели число:  $324_{10}$  в десятичной системе счисления и хотите перевести его в двоичную.

Переведем  $324_{10}$  в двоичную систему вот так:

Целая часть числа находится делением на основание новой



Получилось:  $324_{10} = 101000100_2$

Рис. 5. Онлайн калькуляторы

**40. Вычислите десятичные эквиваленты следующих двоичных чисел.**

Двоичное число	Решение	Ответ
$111_2$		
$1010_2$		
$11011_2$		
$101101_2$		

Рис. 6. Задания на перевод чисел из рабочей тетради

Во время третьего урока, при изучении темы «Восьмеричная и шестнадцатеричная системы счисления. Компьютерные системы счисления». В начале урока дается определение: «Восьмеричная система счисления – это позиционная система счисления с основанием 8», информация об алфавите каждой системы счисления, а также о правилах перевода в десятичную систему счисления и обратно. Для примера, можно вспомнить онлайн-калькуляторы, которые уже изучались на прошлых уроках. Так же, для закрепления материала, решаются различные задачи (рис. 7) [6].

**50. Переведите целые числа из десятичной системы счисления в восьмеричную.**

$$256_{10} \rightarrow \text{_____}_8$$

$$400_{10} \rightarrow \text{_____}_8$$

$$1234_{10} \rightarrow \text{_____}_8$$

$$2012_{10} \rightarrow \text{_____}_8$$

**51. Переведите целые числа из десятичной системы счисления в шестнадцатеричную.**

$$256_{10} \rightarrow \text{_____}_{16}$$

$$400_{10} \rightarrow \text{_____}_{16}$$

Рис. 7. Задания из рабочей тетради

На последнем уроке по теме «Правило перевода целых десятичных чисел в систему счисления с основанием  $q$ » сообщается о правильной последовательности перевода чисел из одной системы счисления в другую.

После изучения данного параграфа, учащимся предлагается небольшая самостоятельная работа, для закрепления ранее полученных знаний. С этой целью можно предложить пройти онлайн тестирование в системе OnlineTestPad [10]. Предложенный тест разработан нами на платформе данного сервиса в соответствии с изученным материалом.

Прежде чем учащиеся начнут выполнять тест, каждому необходимо указать свои инициалы и класс. В тесте «Системы счисления» дано 15 вопросов, на которые обучающиеся должны предоставить ответ самостоятельно или же выбрать из предложенных вариантов. Нет четкого временного промежутка для выполнения, это выполняется индивидуально (данное задание дается на дом). Представлены такие виды заданий, как: перевод из одной системы счисления в другую; история и классификация систем счисления; различные определения по пройденным темам и т. д.

После выполнения теста на экране высвечивается результат, который показывает правильность ответов, показана дата, когда пройден тест, и время, которое было затрачено на его выполнение. Если нужно узнать, в каких вопросах были сделаны ошибки, то здесь же можно их посмотреть. Так же, в тесте, на неправильно отвеченные вопросы даны правильные ответы. Если посмотреть ниже, то можно увидеть график показателя результатов. На нем указывается результат каждого отвечающего, а также среднее значение по всему классу.

## 2. Сравнение онлайн-сервисов

Представим в таблице сравнительный анализ рассмотренных онлайн-сервисов, где отметим наличие или отсутствие функциональных возможностей сервисов, необходимых для выполнения разбираемых задач.

Таблица

*Сравнение онлайн-сервисов*

Название сервиса	Перевод в различные СС	Развернутый ответ на перевод	Арифметические действия с двоичной системой	Развернутый ответ на арифметическое действие
Calculator.ru	+	+	-	-
Системы счисления	+	+	+	-

## Окончание таблицы

Progr@m4you	+	+	-	-
Binary2Hex	-	-	+	+
Calculus.ru	+	+	-	-

При сравнении данных онлайн-сервисов, которые можно использовать при обучении работе с числами в различных системах счисления, можно сделать следующие выводы. В данном списке нет ни одного онлайн-сервиса, который удовлетворял бы всем четырем критериям, необходимым в работе. В основном каждый из сервисов отвечает за что-то одно, либо за перевод из одной системы счисления в другую, либо же за арифметические действия над числами.

Можно отметить только один онлайн-сервис «Системы счисления», который имеет больше всех плюсов, то есть, удовлетворяет большинству требований. На данном онлайн-сервисе возможно как сделать перевод систем счисления, так и выполнить арифметические действия. Единственное отличие будет в том, что при простом переводе, можно открыть полное решение, и узнать какие были выполнены расчеты на каждом шаге. А при арифметических действиях сразу же дается ответ, без пошагового инструктажа.

### Заключение

Онлайн-сервисы имеют следующие преимущества:

- быстрая передача информации любого объема и вида на любые расстояния;
- системы для практики и контроля с обратной связью;
- повышение мотивации школьников к обучению;
- возможность поиска и обмена упражнениями по категориям (по предметам);
- поддержка многими шаблонами работы с картинками, звуком и видео;
- содержание большой коллекции уже созданных другими педагогами упражнений;
- простота создания интерактивного задания;
- быстрая проверка правильного выполнения заданий.

Таким образом, можно сделать вывод, что использование онлайн-сервисов на уроках информатики способствует повышению у обучающихся мотивации на дальнейшее обучение в школе, самообучение дома, усилению мыслительного процесса на уроках, концентрации внимания при изучении нового материала.

## Список литературы

1. Желтухина, М. Р. Инфографика как технология визуализации образовательного контента / М. Р. Желтухина, Л. А. Донского // Педагогика. – 2022. – № 1. – С. 91–93. – Текст : непосредственный.
2. Блохина, Н. Ю. Современные образовательные технологии в рамках реализации федерального проекта «Цифровая образовательная среда» : Учебно-методическое пособие / Н. Ю. Блохина, Г. А. Кобелева. – Киров: Кировское областное государственное автономное учреждение дополнительного профессионального образования «Институт развития образования Кировской области», 2020. – 70 с. – Текст : непосредственный.
3. Босова, Л. Л. Информатика : учебник для 8 класса / Л. Л. Босова, А. Ю. Босова. – 2-е изд. – Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. – 160 с. : ил. ISBN 978-5-9963-1776-9. – Текст : непосредственный.
4. Босова, Л. Л. Информатика : методическое пособие для 7-9 классов / Л. Л. Босова, А. Ю. Босова. – Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. – 472 с. – ISBN 978-5-906812-13-1. – Текст : непосредственный.
5. Виртуальный музей информатики. – Текст : электронный // Страницы истории : сайт URL: <http://informat444.narod.ru/museum/> (Дата обращения 01.11.2022).
6. Босова, Л. Л. Информатика : рабочая тетрадь для 8 класса : в 2 ч. Ч 1. / Л. Л. Босова, А. Ю. Босова, 2-е изд. – Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2017. – 88 с. : ил. ISBN 978-5-9963-3341-7 (Ч. 1). – Текст : непосредственный.
7. Системы счисления. – Текст : электронный // Системы счисления : сайт URL: <https://numsys.ru/convert/38593/10/2> (дата обращения: 01.11.2022).
8. Онлайн калькуляторы. – Текст : электронный // перевод чисел из одной системы счисления в любую другую онлайн : сайт URL <https://calculatori.ru/perevod-chisel.html> (дата обращения: 01.11.2022).
9. Сухоруков, А. В. Разработка программно-методического обеспечения элективного курса «системы счисления» для средней школы / А. В. Сухоруков, Л. М. Кожевникова // Педагогические науки. 2019. – Текст : непосредственный.
10. Online Test Pad. – Текст : электронный // Системы счисления : сайт URL <https://onlinetestpad.com/ru/testview/67483-sistemy-schisleniya> (дата обращения: 01.11.2022).



## **Дистанционное обучение по физической культуре в техникуме: проблемы и решения**

Н. Г. Саблукова, email: sqnataly81@mail.ru,  
С. В. Прокопчик, email: svetavlad1974@mail.ru

ГБПОУ «Арзамасский коммерческо-технический техникум»

**Аннотация.** *Рассмотрена проблема организации дистанционного обучения по физической культуре в техникуме. Предложены этапы проведения занятий по физической культуре с использованием дистанционных технологий.*

**Ключевые слова:** *дистанционное обучение, физическая культура, студент.*

### **Введение**

Первая половина 2020 года ознаменовалась глобальными переменами во всех сферах деятельности страны, в том числе и в системе образования. На первый план стал выходить процесс моделирования педагогических условий организации образовательного процесса и деятельности педагогов с использованием дистанционных образовательных технологий.

#### **1. Дистанционное обучение по физической культуре в техникуме**

Анализ различных источников и электронных ресурсов (см. [1,2]) показал, что, несмотря на высокий уровень развития информационных технологий, дистанционное образование не имеет готовых решений в преподавании дисциплины физическая культура в техникуме. Следовательно, перед учителем физической культуры встала сложная задача – найти пути решения по реализации образовательной программы в дистанционном формате, которые должны быть не менее эффективными, чем при очной форме обучения.

В основе проблемы организации дистанционного обучения по физической культуре были выявлены следующие противоречия:

1. между актуальностью внедрения дистанционных образовательных технологий и недостаточностью разработок занятий по физической культуре с использованием дистанционных технологий;

2. между требованиями ФГОС к формированию общих компетенций студентов, требованиями сдачи норм физических упражнений и отсутствием в домашних условиях специальных снарядов

и мест выполнения таких упражнений, а также различный уровень физических возможностей студентов и слабая мотивация к занятиям физической культуры.

Для решения данных противоречий необходимо создание комплексного методического обеспечения для организации дифференцированного и личностно-ориентированного подхода путем использования дистанционных технологий, создание электронной теоретической и инструктивной базы для дистанционного обучения студентов.

Дистанционное образование по физической культуре основывается на следующих базовых принципах:

1. доступность обучения;
2. новые формы представления и организации информации: системы мультимедиа, нелинейные формы представления информации, присутствие большого количества теоретического материала;
3. достоверность сертификации знаний: широкое использование методик оценки знаний, основанных на тестировании.

При использовании дистанционных технологий особенно актуально личностно-ориентированное, разноуровневое, развивающее, проблемное обучение с использованием интерактивных технологий.

При дистанционной форме проведения занятия по физической культуре определены следующие этапы:

1 этап: теоретический – изучение теоретического материала с использованием видеолекций и электронных учебников.

2 этап: визуальный – просмотр студентами техники двигательных действий с использованием видеоконференций, видеофрагментов, виртуальных тренажеров.

3 этап: практический – формирование практических умений, использование студентами видеоаппаратуры для съемки двигательных действий.

4 этап: аналитический – анализ ошибок при выполнении двигательных действий, закрепление знаний с помощью компьютерного тестирования.

Реализация данных этапов способствует:

1. повышению мотивации у студентов к занятиям физической культуры и здоровому образу жизни;
2. развитию у студентов абстрактного и образного мышления, студенты получают возможность успешно переносить теорию на практику;
3. организацию дифференцированного, развивающего и личностно-ориентированного обучения;

4. формированию у студентов адекватной самооценки, воспитание самостоятельности и дисциплины.

На рис. 1 приведены методические рекомендации по обучению технике кувьрка вперед с использованием дистанционных технологий.



Рис. 1. Этапы обучении технике кувьрка вперед с использованием дистанционных технологий

Отдельные техники и упражнения сложно выполнить в домашних условиях, для эффективного обучения можно использовать виртуальные тренажеры. В ГБПОУ АКТТ студентами специальности 09.02.07 Информационные системы и программирование под руководством преподавателей физической культуры и информатики был разработан интерактивный компьютерный тренажер по баскетболу.

С помощью данного тренажера можно отработать такие упражнения, как ведение мяча «восьмеркой», бег по дугам с ведением, «Скакун и ведущий», «Бегуны и скакуны» с ведением мяча. Студенты, выполняя упражнение «восьмерка» в спортивном зале часто не до конца понимают куда следует бежать, какие баскетбольные круги обводить и какой рукой. После отработки данного упражнения на тренажере в

домашних условиях студенты уже могут осмысленно его выполнять на очных занятиях и совершенствовать только технику ведения мяча и переводов с руки на руку.

Также разработанный тренажер включает и электронный учебник с подробным теоретическим материалом; тестами для контроля знаний; видеоматериалами, в том числе видеороликами с упражнениями, самостоятельно подготовленными преподавателями физической культуры. Если студент устал при изучении предложенного материала, выполнении практических заданий, то он может поиграть. Компьютерные игры интересны, некоторые из них полезны, развивают внимательность и логику, обучают и тренируют, поэтому нельзя утверждать, что компьютерные игры имеют только вредное воздействие. Например, с помощью такого приложения можно проверить точность попадания мяча в корзину.

В ГБПОУ АКТТ полный дистанционный курс по физической культуре, включающий описанные выше поэтапные разработки занятий, тренажеры, видеоматериалы и т.п. доступен для студентов на платформе электронного обучения и тестирования Moodle. Данный курс в настоящее время является помощником очному обучению, позволяет не только дистанционно осваивать программу обучающимся с инвалидностью и ограниченными возможностями здоровья, работающим студентам, а также служит студентам для устранения пробелов в знаниях и помогает им при ликвидации задолженностей.

### **Заключение**

Конечно дистанционное обучение не может заменить стандартных уроков по физической культуре, на которых обучающийся получает большую физическую нагрузку, которые содержат в себе здоровьесберегающий фактор, социализацию студентов и многое другое. Но как временная мера – оно может научить нас новому и с большим успехом воспитать те качества, которые при обычном учебном процессе поддаются хуже.

### **Список литературы**

1. Вайндорф-Сысоева, М. Е. Методика дистанционного обучения: учебное пособие для вузов / М. Е. Вайндорф-Сысоева, Т. С. Грязнова, В. А. Шитова. – Москва: Издательство Юрайт, 2022. – 194 с.
2. Козина, Ж. Г. Дистанционная физическая культура: миф или реальность // Научно-методический электронный журнал «Калининградский вестник образования». – 2020. – № 2 (6). – С. 28-34. – Режим доступа: <https://koirojournal.ru/realises/g2020/3jul2020/kvo204/>

## **Активизация познавательной деятельности студентов технического профиля средствами мультимедиа**

О. В. Терновская, email: olgaternovskay@yandex.ru <sup>1</sup>

А. Н. Ивлев, email: alexivlev@rambler.ru <sup>1</sup>

И. В. Елисева, email: ir.eliseeff@yandex.ru <sup>2</sup>

Е. Ю. Терновская, email: j-catherina@mail.ru <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Воронежский государственный технический университет

<sup>2</sup> МБОУ СОШ № 72 им Ю.В. Лукьянчикова г. Воронеж

**Аннотация.** *Рассматривается роль мультимедийных технологий для активизации познавательной деятельности студентов, обучающихся в вузах технического профиля, месте инженерной графики в техническом образовании. Анализируются преимущества использования мультимедиа в рамках контекстного обучения и возможность использования различных форм информационных технологий, в процессе оценки приобретенных студентами умений инновационного характера.*

**Ключевые слова:** *познавательная деятельность, мультимедийные средства обучения, графические дисциплины.*

### **Введение**

В настоящее время, одной из наиболее актуальных проблем стоящих перед высшими техническими учебными заведениями, является проблема активизации познавательной деятельности студентов. Решение этой проблемы зависит от технической оснащённости учебного заведения, вида технических средств, которые используют педагоги для изложения теоретического материала, выполнения практических работ и форм организации учебного процесса. Поэтому внедрение и использование информационных технологий в учебном процессе, в частности средств мультимедиа, является одной из основных задач педагога высшей школы.

### **1. Роль информационных технологий в активизации познавательной деятельности студентов**

Использование мультимедийного сопровождения в процессе обучения будущих специалистов при изучении общепрофессиональных и технических дисциплин обусловлено необходимостью повышения эффективности обучения в сравнении с использованием традиционных

средств обучения в качестве материальных наглядных объектов. Мультимедиа в учебном процессе дают возможность обучающимся получать учебную информацию в более доступном, понятном виде, что решает проблему недостаточной наглядности, понятности, сложности графических объектов исследования технических дисциплин. Выбор методов, приёмов, средств, форм организации учебного процесса обусловлен необходимостью активизации познавательной деятельности будущих специалистов в процессе изучения общепрофессиональных и технических дисциплин.

Педагог в процессе преподавания общепрофессиональных и технических дисциплин с использованием мультимедиа имеет возможность:

- разнообразить формы представления учебной информации;
- разнообразить типы учебных заданий;
- использовать информационные технологии на всех этапах активации познавательной деятельности студентов;
- использовать инновационные методы организации учебного процесса.

По проблеме использования информационных технологий в учебном процессе, создания электронных дидактических средств обучения, активации познавательной деятельности, написано большое количество научных трудов как отечественными, так и зарубежными учеными [1-4]. По итогам анализа этих трудов можно утверждать, что для развития у студентов творческого мышления, памяти, активизации познавательной деятельности необходима модернизация процесса преподавания и использование мультимедийных средств обучения.

Использование информационных средств сопровождения учебного процесса позволяет обеспечить все составные части информационно-педагогической деятельности, социальное, педагогическое и техническое взаимодействие субъектов. Использование мультимедийных средств, в контексте обучения по общепрофессиональным и техническим дисциплинам, позволяет использовать для обучения весь комплекс информационных возможностей: текст, звук, видео, графическое изображение, анимацию, что позитивно сказывается на активизации познавательной деятельности студентов, развитии их самостоятельности и творческого мышления.

При изучении технических и общепрофессиональных дисциплин наличие наглядного материала обязательно, без него понять устройство и принцип работы механизмов различных машин невозможно.

## **2. Место и роль графических дисциплин в техническом образовании на пути формирования конструкторско-графических умений у студентов**

Графические дисциплины, в различных высших учебных заведениях, относят то к блоку общеобразовательных, то к блоку общетехнических дисциплин, что не влияет на содержание курса и не снижает значимости графических дисциплин в техническом образовании. Инженерная графика является первой ступенькой на пути приобретения первого опыта по созданию и чтению чертежей различного технического назначения, что невозможно без понимания назначения, функционального взаимодействия различных деталей в механизме или устройстве.

Традиционно изучение графических дисциплин не предполагает использование информации о конструктивных особенностях, принципах работы, составных частях объектов технического назначения. Графические задания выполняются по учебной программе, не предусматривающей контекстное обучение, что не позволяет активизировать познавательную деятельность студентов, приобрести навыки творческой, конструкторско-графической подготовки. Научиться конструировать, на первых этапах по аналогии, создавать чертежи еще не существующих конструкций можно только после того как произойдет знакомство с техническими объектами. Для решения этих задач авторами предлагается использовать в учебном процессе, при изучении графических дисциплин, не только традиционные наглядные материалы, но и мультимедийные средства, позволяющие компенсировать недостаток реальных объектов.

Трудности при изучении технических дисциплин связаны с материальным обеспечением, обновлением, нехваткой наглядных моделей, макетов, стендов, позволяющих реально увидеть объекты, для которых необходимо выполнить рабочие и сборочные чертежи, схемы. Слабая материальная база обусловлена высокой стоимостью оборудования, недостатком его в наличии, невозможностью посещения производственной базы. При изучении графических дисциплин все вышеперечисленные мероприятия вообще не предусмотрены. Решение этих проблем возможно только при разработке электронных образовательных ресурсов вуза и с инновационным мультимедийным сопровождением. Разработанный электронный обучающий комплекс позволяет студентам самостоятельно освоить теоретический материал по графической дисциплинам, а также понять принцип действия, работы различных механизмов и узлов машин [5]. Полученные знания помогут студентам и при изучении специальных дисциплин.

Использование электронного образовательного контента доступно для студентов всех форм обучения, он может быть использован при дистанционных формах обучения, а так же для самостоятельной работы студентов.

Использование интерактивных мультимедиа на лекциях по начертательной геометрии позволяет интегрировать текстовую и графическую части материала, использовать не только статические, но и динамические, поэтапные, пошаговые варианты решения расчетно-графических задач. На практических занятиях использование информационных технологий позволяет студентам активно участвовать в образовательном процессе, т.к. учебная информация выдается пошагово, только после правильного решения предыдущего этапа задачи.

Неоспоримо значение использования информационных, мультимедийных технологий и при оценке результатов обучения. При изучении графических дисциплин наибольший объем учебной информации студенты получают с использованием иллюстраций, рисунков, чертежей. Зрительная опора на всё протяжении обучения имеет очень большое значение, т.к. языком общения специалистов технического профиля является чертеж. На языке чертежа получают информацию все структурные подразделения, отделы любого предприятия, конструкторского бюро, проектной организации. Разработка тестовых заданий по графическим дисциплинам без использования чертежей, рисунков, иллюстраций невозможна.

В настоящее время решается задача по оцениванию тестовых заданий с творческой направленностью, решение таких заданий очень индивидуально. Правильное решение может быть достигнуто каждым студентом с использованием различных методов. При оценке таких решений современные информационные технологии позволяют проанализировать ответ и оценить его. Единственным недоступным, на данном этапе развития информационных технологий, для оценивания остается анализ результата решения творческих конструкторских разработок, т.к. оценить их можно только после разработки, создания и экспериментальной апробации разработанных конструкций.

Организация текущего, промежуточного, итогового контроля знаний с использованием информационных технологий позволяет снизить нагрузку на преподавателя, переложив рутинную проверку знаний студентов на компьютерное обеспечение. Так же появляется возможность использовать разработанные тестовые задания для самоконтроля, что помогает студентам при освоении базовых знаний по изучаемым дисциплинам.



## **Заключение**

Следует отметить, что использование мультимедийного сопровождения при изучении общепрофессиональных и технических дисциплин дидактически перспективно, позволяет изменить характер познавательной деятельности студентов, решает проблему наглядности, доступности, поэтапности обучения. Способствует повышению эффективности обучения, интенсифицирует учебный процесс, делая его наглядным и динамичным.

## **Список литературы**

1. Гальперин, П. Я. Психология как объективная наука : избранные психологические труды / П. Я. Гальперин ; П. Я. Гальперин ; под ред. А. И. Подольского ; Российская акад. образования, Московский психолого-социальный ин-т. – 3-е изд., стер.. – Москва : Изд-во Московского психолого-социального ин-та, 2008. – ISBN 978-5-9770-0346-9.
2. Нилова, В. И. Научно-методические основы формирования конструкторских умений студентов технических вузов средствами инженерной графики : специальность 13.00.02 «Теория и методика обучения и воспитания (по областям и уровням образования)» : диссертация на соискание ученой степени доктора педагогических наук / Нилова Валентина Ивановна. – Воронеж, 2001. – 303 с.
3. Орешкина, Л. В. Дидактические условия создания и использования электронных средств обучения : специальность 13.00.01 «Общая педагогика, история педагогики и образования», 13.00.08 «Теория и методика профессионального образования» : диссертация на соискание ученой степени кандидата педагогических наук / Орешкина Любовь Вячеславовна. – Ярославль, 2005. – 265 с.
4. Кожемяко, И. Л. Активизация познавательно-профессиональной деятельности студентов посредством мультимедиа технологий : специальность 13.00.08 "Теория и методика профессионального образования" : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата педагогических наук / Кожемяко Ирина Леонидовна. – Кемерово, 2011. – 23 с.
5. Инженерная графика: основные сведения о типовых изделиях и конструкциях : Учебное наглядное пособие / О. В. Терновская, А. Н. Ивлев, Г. Н. Вахнина, Е. Ю. Терновская. – Воронеж : Воронежский государственный технический университет, 2020. – 92 с. – ISBN 978-5-7731-0848-1.

## Применение технологий виртуальной реальности в системе технических средств обучения летного вуза

А. К. Франчук, email: afranchuk@yandex.ru  
А. В. Симонов, email: simonov717@yandex.ru

Филиал ВУНЦ ВВС ВВА в г. Сызрани

**Аннотация.** *Рассмотрены возможности применения технологий виртуальной, дополненной и смешанной реальности в системе технических средств обучения (ТСО) летного вуза для повышения эффективности теоретического и практического обучения летного состава эксплуатации авиационных систем вертолетов. Проведен анализ достоинств, особенностей и перспектив использования технологий виртуальной реальности в процессе подготовки курсантов летной специальности.*

**Ключевые слова:** *технические средства обучения, авиационные тренажеры, автоматизированные системы обучения, технологии виртуальной, дополненной и смешанной реальности, информационные технологии, эффективность обучения.*

### Введение

Обучение летчиков является дорогостоящим, рискованным и трудоемким процессом. Снижения стоимости обучения возможно за счет комплексного применения различных технических средств обучения (ТСО) на всех этапах образовательного процесса [1].

В настоящее время реализуется качественно новый подход к разработке авиационных ТСО для обучения и переподготовки авиационных специалистов. В основе этого подхода - переход от производства отдельных тренажеров к созданию интегрированных учебно-тренировочных комплексов (УТК), с объединением их в единое информационное поле [2]. В состав УТК могут входить: автоматизированные системы обучения, авиационные тренажеры разного уровня сложности, комплексы моделирования тактической обстановки.

В последние годы технологии виртуальной реальности стали активно применяться в авиации в качестве альтернативы массивным и дорогостоящим тренажерам [3].

Целью статьи является анализ существующих аппаратных и программных ресурсов для реализации технологий виртуальной,

дополненной и смешанной реальности (VR, AR и MR) при обучении курсантов летной эксплуатации авиационных систем в соответствии требованиям Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования [3], а также анализ организационных, методических и дидактических аспектов применения технологий VR, AR и MR.

## **1. Анализ существующих аппаратно-программных ресурсов ТСО летного вуза.**

Авиационный комплексный тренажер (Full Flight Simulator – FFS) реализует иммерсивный процесс обучения летчика, позволяя ему взаимодействовать с реальной кабиной ВС. Этот способ обучения экономит топливо и исключает износ вертолетов, а также тренажеры могут воспроизводить опасные условия и симулировать отказы системы, не подвергая риску экипаж. Современный комплексный тренажер высшей категории сложности является наиболее технологически продвинутым симулятором, в котором используются современные научно-технические решения и технологии, позволяющие повысить их обучающий потенциал: высокоадекватные математические модели движения ЛА, системы подвижности нового поколения, системы визуализации с высоким качеством изображения, с применением технологии виртуальной реальности. При несомненной высокой реалистичности и обучающего потенциала такого тренажера, его главным недостатком является очень высокая стоимость, что не позволяет широко использовать его в учебном процессе летного вуза.

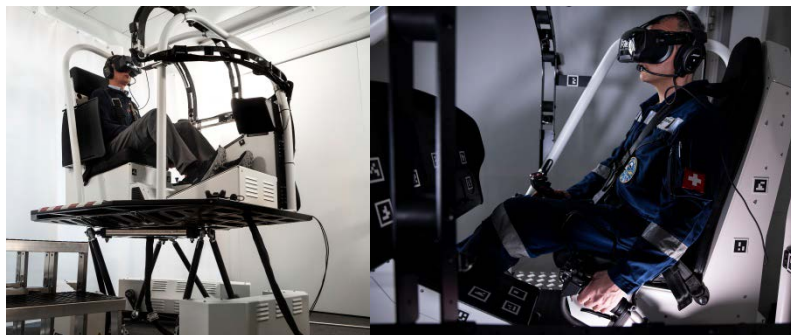
Процедурные тренажеры на базе реальной кабины вертолета позволяют формировать навыки действий летчика с оборудованием кабины вертолёта, реализовать обучение полётам по приборам. Стоимость таких ТСО остается достаточно высокой и в условиях ограниченного количества такие тренажеры могут применять только на старших курсах обучения.

Виртуальный интерактивный процедурный тренажер (Virtual Interactive Procedure Trainer, VIPT) позволяет реализовать подготовку по базовым процедурам и является упрощенным аналогом процедурных тренажеров. Он предназначен для отработки предполетных процедур (контрольные перечни, запуск двигателя и т. д.), имитация полета на них невозможна, но возможна имитация неисправностей, относящихся к указанным процедурам.

VR-симуляторы в отличие тренажеров-кабин обладают универсальностью и при переходе на новый тип воздушного судна предыдущий экземпляр легко программировать и адаптировать их под новый тип ВС и имитировать полет на различных летательных

устройствах. Рассмотрим некоторые примеры VR-симуляторов для обучения пилотов.

В настоящее время появились сертифицированные VR-симуляторы для простейших ВС. Примером является симулятор для вертолета Robinson R22 Beta II от компании VRM Switzerland (Loft Dynamics), сертифицированный EASA [4]. Это первый сертификат на тренировочное устройство для симуляции полета (FSTD) вертолетов в виртуальной реальности (VR). FSTD имеет квалификацию тренажера по процедурам полета и навигации (FNPT) уровня II. Реалистичный лётный опыт обеспечивается сочетанием VR технологии и специальной подвижной платформы. Преимущество такого тренажера в его размерах и стоимости. Он примерно в 10 раз меньше и в 20 раз дешевле традиционных тренажеров и помогает сократить время обучения в воздухе до 60%. Она обеспечивает гибкость для новых учебных модулей, позволяя пилотам обучаться тому, с чем они столкнутся в реальной жизни, применяя различные сценарии полетов. Хорошую адекватность тренажера оценила компания из США Colorado Highland Helicopters (CHH), которая заказала тренажеры для обучения своих пилотов.



*Рис. 1.* VR тренажер вертолета Robinson R22

Они используются в качестве дополнительных образовательных методик и для отработки навыков в формате домашних упражнений. Но развитие VR-технологий не стоит на месте и вполне возможно, что уже в ближайшем будущем они выведут на качественно новый уровень все предшествующие образовательные методики.

Игровые авиасимуляторы относятся к классу компьютеризированных тренажеров (Computer Based Trainer, CBT). CBT предоставляют возможность самостоятельной подготовки на основе

использования персональных компьютеров, планшетов и смартфонов в комплекте с VR-очками, шлемами. Пример VR-гарнитуры 3 поколения профессионального уровня приведен на рис. 11. Гарнитура Varjo VR-3 создает ощущение глубокого погружения и обеспечивает непревзойденное качество изображения благодаря уникальному uOLED дисплею с разрешением 2880x2720 px на каждый глаз и углом зрения 115 градусов. Система отслеживания движений inside-out Varjo обеспечивает высокоточную обработку каждого жеста и взгляда.



Рис. 2. VR шлем Varjo VR-3

Одним из лучших для компьютерных платформ считается X-Plane 11. Высококачественная графика делает полет реалистичным и динамичным. Пользователь имеет возможность начать свою летную карьеру с простых в управлении ВС и по мере развития навыков «пересаживаться» на более сложные модели ВС. Тренажеры на базе авиасимулятора X-Plane 11/ FS используется в профессиональных тренажерах уровня BITD /FNPT/ FTD.

В составе интегрированного учебно-тренировочного комплекса летного вуза в настоящее время наибольшее применение получили автоматизированные обучающие системы (АОС), предназначенные для проведения теоретической подготовки летного и инженерного состава к эксплуатации вертолета. АОС поставляется в виде учебного класса, включающего программно-аппаратный комплекс автоматизированной обучающей системы (ПАК-АОС). Аппаратная часть состоит из системного сервера, сетевого оборудования, рабочих мест инструктора и

обучаемых, видеопроекционного комплекса. Программная часть включает общее программное обеспечение (ОПО), базу данных и специализированное программное обеспечение АОС.

На данный момент компьютерные ТСО с применением технологии виртуальной реальности не могут полностью заменить летные тренажеры. Они могут использоваться в качестве дополнительных образовательных методик и для отработки навыков в процессе самостоятельной работы.

## **2. Методические и дидактические особенности использования VR технологий при обучении летного состава эксплуатации авиационных систем**

Проведенный анализ существующих аппаратно-программных ресурсов ТСО летного вуза и современного уровня развития VR технологий показывает необходимость дальнейшего совершенствования ТСО. В первую очередь целесообразно рассмотреть возможности внедрения недорогих компьютеризированных VR тренажеров, а также модернизации существующих АОС программными и аппаратными элементами VR.

Накоплен опыт внедрения технологий виртуальной реальности в учебный процесс подготовки военных авиационных специалистов.



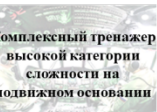
Макет программного тренажера для подготовки инженерно-технического состава самолета Як-130 с поддержкой технологий виртуальной реальности разработан в ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж) [6]. Проект реализует принцип обучение действием путем использования 3D анимации процесса технического обслуживания самолета Як-130. Применение шлема виртуальной реальности и контроллера движений рук обеспечивает возможность интерактивного взаимодействия пользователя с виртуальными органами управления кабины и оборудования самолета. Сочетание игровых элементов с обучением позволяет активизировать познавательную деятельность, повысить вовлеченность обучаемых в решение прикладных задач, повысить наглядность представляемой учебной информации. Подключение зрительной памяти в процессе выполнения действий в виртуальном пространстве позволяет эффективно формировать запоминание порядка выполнения технологических процедур в кабине самолета.

На форуме «Армия-2020» представлен интерактивный процедурный тренажёр первоначальной подготовки авиационного персонала с использованием VR технологии [7]. Тренажёр разработан преподавателями и курсантами Краснодарского высшего военного авиационного училища лётчиков, а на программное обеспечение

авторами получен соответствующий патент. Тренажер позволяет выработать практические навыки работы с органами управления в кабине самолёта, сформировать навыки по выполнению процедур подготовке двигателя самолёта к запуску, проверки самолётных систем и навыки переключения внимания в процессе эксплуатации техники. Разработка данного тренажера показывает пример возможности модернизации ТСО с небольшими финансовыми затратами.

Аналогичные работы проводились курсантами по разработке элементов VR тренажера кабины самолета Л-39. Была создана 3D модель кабины самолета и программа, моделирующая работу основных систем самолета. Благодаря применению технологии VR обучаемые получили возможность выполнять руками в виртуальном пространстве кабины различные упражнения по предполетным процедурам: перемещать органы управления, включать и выключать оборудование, проверять работоспособность систем и запускать двигатель, что и обеспечивает формирование навыков, заложенных в процесс предполетной подготовки летчика. Большие возможности появились также по отработке действий экипажа при отказах оборудования самолета. Отмечается, что использование VR тренажера активизируют познавательную деятельность курсантов, способствуют формированию практических навыков, позволяют проводить практические занятия в увлекательной игровой форме. Благодаря виртуальной реальности будущая профессиональная деятельность становится более доступной, понятной и намного более интересной, что еще больше мотивирует обучающихся к освоению летной практики и увеличивает готовность к самообразованию [8].

Приведенные примеры показывают стремительно растущий интерес к внедрению технологий VR в учебный процесс летного вуза. Существующие средства ТСО требуют либо оснащения их дорогостоящими VR тренажерами, либо модернизации существующих ТСО путем дополнения их программными и аппаратными средствами VR. На рис.3 представлена схема поэтапного формирования у курсантов практических навыков летной эксплуатации авиационных систем с помощью ТСО с элементами виртуальной реальности.

 <p>Компьютерная VR модель кабины учебного вертолета</p> <p>1</p>	<p>АОС учебного вертолета, компьютерный класс, персональные планшеты, дополненные стандартными VR гарнитурами</p>	<p>Изучение размещения органов управления и индикации авиационных систем и формирование навыков распределения внимания в кабине вертолета</p>	<p>Тестирование знаний размещения органов управления и индикации авиационных систем и навыков распределения внимания в кабине вертолета</p>
 <p>Процедурный кабинный VR тренажер учебного вертолета</p> <p>2</p>	<p>Компьютерная 3D модель кабины вертолета, VR гарнитуры, макет кабины</p>	<p>Формирование навыков выполнения предполетных процедур проверки авиационных систем, эксплуатации их в полете и действий при отказах оборудования</p>	<p>Зачетная оценка уровня навыков выполнения предполетных процедур проверки авиационных систем, эксплуатации их в полете и действий при отказах оборудования преподавателем</p>
 <p>Процедурный кабинный VR тренажер учебного вертолета на подвижной платформе</p> <p>3</p>	<p>В составе УТК учебного вертолета (компьютерная 3D модель кабины вертолета, VR гарнитуры, макет кабины, подвижная платформа)</p>	<p>Формирование навыков выполнения всех упражнений по процедурам летной эксплуатации авиационных систем при выполнении учебных полетов на тренажере</p>	<p>Зачетная оценка уровня практических навыков по всем процедурам летной эксплуатации авиационных систем инструктором летного обучения</p>
 <p>Комплексный тренажер высокой категории сложности на подвижном основании</p> <p>4</p>	<p>В составе УТК учебного вертолета (высокоадекватные математические модели, системы подвижности, системы визуализации с применением VR технологий)</p>	<p>Формирование навыков выполнения всех упражнений по процедурам летной эксплуатации авиационных систем при выполнении учебных полетов на тренажере</p>	<p>Зачетная оценка уровня практических навыков по всем процедурам летной эксплуатации авиационных систем инструктором летного обучения</p>

*Рис. 3.* Этапы формирования практических навыков летной эксплуатации авиационных систем

### Заключение

Проведен анализ аппаратных и программных ресурсов, необходимых для реализации технологий виртуальной, дополненной и смешанной реальности. Рассмотрены методические и дидактические особенности их использованию при обучении летного состава эксплуатации авиационных систем на различных этапах обучения. Обоснована необходимость модернизации существующих ТСО элементами VR, AR и MR.

### Список литературы

1. Франчук, А. К. Комплексное применение технических средств обучения летного состава эксплуатации радиоэлектронного оборудования вертолетов / А.К. Франчук // Материалы XX Международной научно-методической конференции «Информатика: проблемы, методология, технологии» (Воронеж, 13-14 февраля 2020 г.). Воронеж, 2020 – С. 2199-2205.

2. Главный поставщик авиационных технических средств обучения для подготовки лётчиков, штурманов и технического персонала Воздушно-космических сил России [Электронный ресурс]:



Еженедельник Звезда, 17 января 2022. – Электрон. журн. – Режим доступа: <https://zvezdaweekly.ru/news/20221121957-kRfmT.html>

3. Виртуальная реальность – будущее летной подготовки [Электронный ресурс]: Сетевое издание «jets.ru» (Бизнес. Технологии. 01.06.2022). – Режим доступа: <https://jets.ru/tekhnologii/virtualnaya-realnost-budushchee-letnoy-podgotovki/>

4. EASA одобрило виртуальную реальность для летной подготовки на вертолетах [Электронный ресурс]: Электронное СМИ «BizavNews» 29 апреля 2021 – Режим доступа: <https://bizavnews.ru/231/27454>.

5. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по специальности 25.05.04 Летная эксплуатация и применение авиационных комплексов (уровень специалитета). (Зарегистрировано в Минюсте России 14 сентября 2020 г. N 59836) (Утвержден приказом Минобрнауки РФ от 21.08.2020 г. № 1083). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://fgos.ru/fgos/fgos-25-05-04-letnaya-ekspluatsiya-i-primenenie-aviacionnyh-kompleksov-1083>

6. Свиридов, С. Г. Внедрение технологий виртуальной реальности в процесс подготовки военных специалистов / С. Г. Свиридов, Н. А. Пеньков, Д. В. Митрофанов // Воздушно-космические силы. Теория и практика. – Воронеж, 2017. – № 4. – С. 171-178.

7. Интерактивный процедурный тренажер первоначальной подготовки авиационного персонала с использованием виртуальной реальности / Лагкуев М. С. [и др.] // Вестник военного образования. – Москва, 2021 – № 1 (28). – С. 59-62.

8. Симонов, А. В. Особенности применения педагогической технологии поэтапного формирования умственных действий в военном авиационном вузе // А. В. Симонов, В. В. Лебедев // Нижегородское образование. – Нижний Новгород, 2022. – № 2. С. 83-90.

## **Секция 6**

**Корпоративные учебные  
центры и  
образовательные  
программы: проблемы и  
перспективы**

## **Применение технологии профессионального обучения и становления выпускников при проведении занятий по тактическим дисциплинам**

С. А. Никулин, email: Nikulin1958@bk.ru

В. Н. Кармнов, email: VAIU71@yandex.ru

Г. А. Попов, email: pop6869@mail.ru

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

**Аннотация.** *В статье представлены теоретические наработки и практические материалы по использованию педагогических технологий в профессиональном обучении, предложены общие подходы, раскрывающие сущность и возможности игровых технологий в военной вузе.*

**Ключевые слова:** *Педагогические технологии, активные методы обучения, военно-профессиональные компетенции.*

### **Введение**

Для решения профессиональных задач, приближение учебного процесса к реальным условиям службы в той или иной должности, при проведении занятий по тактическим дисциплинам активно применяются педагогические технологии профессионального обучения и становления выпускников-военных связистов [1]. Для реализации данных технологий используются следующие методы: решение ситуационных профессиональных задач, анализ возможных нештатных ситуаций и деловая игра.

Перечисленные методы активно используются при проведении практических занятий, групповых упражнений, которые имеют цель научить курсантов оценивать обстановку и принимать решение на применение средств связи и автоматизации управления в условиях огневого и радиоэлектронного воздействия противника. В ходе проведения групповых упражнений курсантам прививаются командно-методические навыки работы с подчиненными. Курсанты, находясь в определенных должностях и действуя по вводным, производят тактические расчеты, разрабатывают рабочие документы по связи, решают тактические задачи по организации связи.

## 1. Метод решения ситуационных профессиональных задач

Основным дидактическим материалом этого метода служит ситуационная задача, которая включает в себя условия (описание ситуации и исходные количественные данные) и вопрос (задание), поставленный перед курсантами. Задача должна содержать все необходимые данные для ее решения, а в случае их отсутствия – условия, из которых можно извлечь эти данные. В основе учебных задач лежат типовые профессиональные задачи, характерные для специалистов связи и выполняемые в одиночку или малой группой (1–2 человека). Для успешного проведения практических занятий на кафедре должны быть разработаны типовые ситуационные профессиональные задачи.

Например, для отработки вопроса «Практическое выполнение сопряжения каналов связи, образованных средствами проводной, радиорелейной и радиосвязи» курсант прибывает на боевой пост (рабочее место) и выполняет обязанности механика аппаратной уплотнения радиорелейной станции самостоятельно (под наблюдением инструктора) (рис. 1).



Рис. 1. Постановка задачи при заступлении на дежурство

Используя задание на практическое занятие, он включает аппаратуру, проверяет ее «на себя», устанавливает связь с корреспондентами, измеряет и регулирует каналы тональной частоты. Кроме того, устанавливает служебную связь с взаимодействующими боевыми постами на узле связи (УС) и с руководителем занятия.

При рассмотрении другого вопроса «Инструктаж дежурной смены перед заступлением на дежурство по УС», курсант в роли дежурного по

УС получив от руководителя занятий задание проводит инструктаж дежурной смены (под наблюдением инструктора-руководителя занятия), ставит задачу номерам дежурных расчетов (НДР) боевых постов самостоятельно изучить: состав оборудования, тактико-технические характеристики аппаратной связи, оперативно-техническую документацию, проверить работоспособность средства связи. Руководитель занятия контролирует работу курсантов.

## **2. Метод игровых технологий**

Среди образовательных технологий игра сегодня занимает значительное место в профессиональной подготовке военного связиста. Молодому специалисту часто не хватает теоретической и практической грамотности, поэтому его адаптация в профессиональной деятельности протекает со сложностями разного уровня. А иногда из-за неудач на начальном этапе профессиональной деятельности у молодого специалиста возникает желание оставить избранную профессию. В стремлении помочь сегодняшнему курсанту смелее, увереннее освоить избранное дело, получить достойный уровень теоретической и практической подготовки в области избранной военно-профессиональной деятельности преподаватели используют активные методы обучения, стремятся освоить новые технологии, в том числе игровые.

Деловая игра – представляет собой управленческую имитационную игру, в ходе которой участники имитируют деятельность того или иного должностного лица и на основе анализа ситуации принимают решения. Преимущество деловых игр в том, что, взяв на себя ту или иную роль, участники игры вступают во взаимоотношения друг с другом, причем интересы их могут не совпадать. В результате создается конфликтная ситуация, сопровождающаяся естественной эмоциональной напряженностью, что повышает интерес к ходу игры. Участники проявляют моральные, деловые и психологические качества при обсуждении вариантов решения, могут показать не только профессиональные качества, но и общую эрудированность, а также такие черты характера, как решительность, коммуникативность, инициативность, активность, от которой нередко зависит ход игры. Во время деловой игры у курсантов развивается творческое мышление (способность поставить проблему, выдвинуть варианты ее решения, выбрать оптимальный вариант), формируются военно-профессиональные компетенции специалиста (рис. 2).

Применение данного метода можно рассмотреть на примере отработки вопроса «Методика постановки задач расчету боевого поста элемента УС на развертывание (свертывание) при перемещении в новый

район». В ходе данного занятия курсанты выполняют обязанности командира подразделения связи (начальника элемента УС). Его задача состоит в том, чтобы самостоятельно, используя методику постановки задач должностным лицам УС, их содержание и последовательность изложения разработать и довести до подчиненных распоряжение начальника элемента УС на свертывание и подготовку элемента (центра) к перемещению.



*Рис. 2.* Заслушивание должностного лица о принятом решении

В ходе занятия начальник УС по каналам служебной связи дает команду «Всем боевым постам! Приступить к установлению связи согласно схемы-приказа». Номера дежурного расчета после установления связи, измерения, регулировки каналов и сдачи их в эксплуатацию должны сделать необходимые записи в оперативно-технической документации и доложить руководителю занятия об установлении связи. Кроме того, НДР должны обеспечить своевременное прохождение документальной информации на УС в соответствии с действующими нормативами, обеспечить телефонные переговоры между командными пунктами органов управления авиационных частей в соответствии с правилами обеспечения телефонных переговоров и нормативами по своевременности обеспечения переговоров.

Освоение действий в подобных ролях, сопутствующих будущей повседневной деятельности офицера-связиста, составляет основную часть практического занятия.

После закрепления навыков решения профессиональных задач и убедившись, что курсанты поняли суть взаимодействия как

самостоятельно, так и в группе в различных должностях по профилю обучения, приступают к освоению действий во внештатных ситуациях.

### **3. Метод анализа возможных нештатных ситуаций**

Задачи аналитического характера занимают большое место в работе офицера. Умение анализировать, оценивать ситуацию и на основе этого анализа принимать решение (рис. 3). Сущность метода заключается в том, что курсантам предъявляется какая-то нештатная ситуация в рамках их профессиональной деятельности, в которой охарактеризованы условия и действия ее участников. Курсантам предлагается оценить, правильно ли действовали участники события, дать анализ и аргументированное заключение принятым решениям. Ситуация может быть представлена в форме устного описания, разыгрывания ролей отдельными обучаемыми. Задания по анализу возможных нештатных ситуаций курсанты выполняют группами по 3-5 человек (составом экипажа аппаратной), а затем коллективно обсуждают выводы. Ситуация доводится руководителем по ходу занятия устно в виде вводной от старшего начальника или внесением реальных неисправностей в линейно-кабельное оборудование и антенно-мачтовые устройства (включает потерю каналов связи, видов связи, внутриузловых соединений, служебной связи и т.д.)



*Рис. 3.* Нанесение обстановки на рабочую карту должностного лица

Например, дежурный по каналам служебной связи дает команду:  
«Вышел из строя телеграф по проводному каналу. Открыть работу в радионаправлении №206, вид работы телеграф БП, ЧТ-500».

НДР должны действовать согласно схеме-приказ и после установления связи, измерения и регулировки каналов и сдаче их в эксплуатацию (оконечные аппаратные) делают необходимые записи в оперативно-технической документации и докладывают на УС об установлении связи.

Наиболее благоприятный момент для применения данного метода - завершающий этап военно-профессионального обучения, так как курсанты старших курсов уже обладают достаточным уровнем знаний и умеют самостоятельно работать.

### **Заключение**

Таким образом, использование активных методов обучения, педагогических технологий профессионального обучения и становления выпускников-военных связистов помогает курсантам более полно овладеть будущей профессией, позволяет им окунуться в профессиональную среду, адаптироваться к непростым условиям современной жизни, достичь необходимых военно-профессиональных компетенций с высокой эффективностью.

### **Список литературы**

1. Попов, Г. А. Использование инфокоммуникационных технологий для совершенствования подготовки специалистов связи / Г. А. Попов, С. А. Никулин, С. Р. Каберов // Информатика: проблемы, методы, технологии : сб. тр. участников Международной школы-конф. «Информатика в образовании (INED-2021)» (Воронеж, 11-12 февраля 2021 г.). – ВГУ, 2021. – С. 1939-1945.



**Секция 7**  
Переход на  
профессиональные  
стандарты: требования к  
IT-компетенциям

## Digital Humanities: возможности и проблемы

А. В. Бабаева, email: annabab1@yandex.ru<sup>1</sup>

А. А. Борисова, email: allaborisova@yandex.ru<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»

**Аннотация.** *Рассматриваются проблемы трансформаций в образовательной системе, проявившиеся в появлении новых профессий в цифровой цивилизации. Авторы анализируют профессиональную сферу Digital Humanities, подчеркивая, что данная профессиональная деятельность требует освобождения от классических представлений о делении наук на гуманитарные и естественно-научные, а следовательно, изменения всего образовательного пространства.*

**Ключевые слова:** *цифровизация, образование, образовательные технологии, цифровые гуманитарные науки.*

### Введение

Цифровые технологии не просто вошли в нашу жизнь, они вплетены во все пласты реальности. В этом мире господства цифры, на наших глазах, трансформировались многие привычные формы жизнедеятельности. Среди исследователей активно идут дискуссии по выявлению достоинств и проблем цифрового мира. Среди множества вопросов остро стоят вопросы о новых принципах передачи знаний, изменений образовательного пространства, поиске и внедрении новых образовательных технологий.

### 1. Digital Humanities как «синтез» системы знаний

Сфера образования с большим трудом отказывается от традиционных, наработанных принципов и технологий. Стремление «удержать», «сохранить» приводит к тому, что система образования все дальше и дальше отстает от требований современного мира. Стремление преодолеть существующие разрывы между образовательным пространством и цифровой цивилизацией можно увидеть в возникновении новых профессий и направлений в обучении. Формирование новых профессий потребовало пересмотра традиционных принципов разделения систем знания на гуманитарное и естественнонаучное. В современном мире оказались востребованы

профессионалы обладающие знаниями в смежных областях. В настоящее время необходимо признать и постараться принять изменения, которые произошли в самом топосе гуманитарных наук. Не случайно многие современные исследователи отмечают, что современное гуманитарное знание должно быть представлено как «синтез», направленный на «на создание новых понятий, терминов, универсальных идей суждений, принципов» [5]. Такой «синтезированной» системой знаний можно считать Digital Humanities. Еще одно интересное англоязычное словосочетание, отразившее современные тренды в образовательном пространстве. На русский язык это понятие чаще всего переводят как «цифровые гуманитарные науки» или «цифровая гуманитаристика». Хотя второе словосочетание можно встретить больше в разговорном языке, научное сообщество предпочитает использовать первый вариант перевода. Кроме этих переводов, можно встретить и другие. Так, например, на сайте [whatisdigitalhumanities.com](http://whatisdigitalhumanities.com) есть несколько сотен разных вариантов. Сложность не только в дословном переводе. Сложность – в формировании представления о возможности взаимосвязи гуманитарных и компьютерных наук. В связи с этим возникает множество вопросов. Начиная от простого – чем конкретно должен заниматься человек, получивший профессиональную подготовку в рамках Digital Humanities, до более сложного – чему и как учить в рамках данной специальности.

Сейчас цифровые гуманитарные науки представлены несколькими категориями. Первая работает с открытыми исследовательскими данными. Примером выступает TEI (Text encoding initiative, [www.tei-c.org](http://www.tei-c.org)) – международная инициатива, цель которой разработать методы декодирования текстов, которые делают его «читаемым» и пригодным для машинной обработки в гуманитарных, лингвистических и социальных науках. Вторая категория – анализ баз данных, например, проект [Nath1Trust.org](http://Nath1Trust.org), на базе университетов Калифорнии, Индианы и Иллинойса, который объединяет электронные копии более трех миллионов исследовательских записей из 60 научных библиотек США [3].

Кроме этого – создание виртуальных документальных игр. Например, «Карта истории», которую реализовала команда под руководством Михаила Зыгаря. Это документальная игра, которая должна была помочь пользователям стать участниками главных событий XX века. Каждую неделю в 2018 году команда проекта публиковала очередную серию игры и новую порцию инфографики, которая погружала пользователей в исторические события того периода. В

течение года у авторов получилось рассказать про весь период от создания Советского Союза до его распада.

ДН-проекты могут выглядеть в виде веб-ресурса, мобильного приложения или медиапроекта – то, что направлено на удовлетворение интереса максимально широкого круга пользователей. Новые медиа, мультимедийные проекты, интерактивные сервисы и карты, базы данных, возможность получить иммерсивный опыт в музеях – всем этим занимаются специалисты в области Digital Humanities [1].

И это только часть того, где может быть реализована деятельность Digital Humanities. Мы можем отметить, что само появление данного термина можно воспринимать как сигнал о том, что из статуса службы поддержки сфера стала подлинно интеллектуальной работой со своими собственными профессиональными практиками, строгими стандартами и исследованиями.

Где и как этому обучают? В мире эту специальность можно встретить во всех ведущих университетах США, Канады, Германии, Франции, Австралии, Великобритании. Создана интерактивная карта «Мировые центры Digital Humanities», позволяющая визуализировать географию распространения исследований в этой сфере. На карте выделены 323 научно-образовательных центра, показаны 46 основных направлений деятельности, что демонстрирует серьезный рост данной специальности в мире.

## **2. Реализация программы по подготовке Digital Humanities в России**

В нашей стране на данный момент Digital Humanities только начинает включаться в образовательное пространство. По данным 2022 года в России осуществляется обучение по магистерским программам «Цифровые методы в гуманитарных науках» (ВШЭ), «Цифровые методы в гуманитарных исследованиях» (ИТМО) и более «дробные» направления, как, например «Дизайн и разработка графических пользовательских интерфейсов» (ТГУ), «Человек и технологии в цифровом мире» (НГУ), «Цифровая филология» (ЮУрГУ), кафедра «исторической информатики» (МГУ) и т.п. Казалось бы «лед тронулся». Но, как уже отмечалось, образовательное пространство достаточно традиционно и все новшества принимаются осторожно. Иногда за «красивым фасадом» может прятаться старое здание. Если провести анализ образовательных программ по данной специальности, то можно увидеть с какими сложностями сталкиваются в рамках реализации проекта «цифровых гуманитарных наук» [4]. И сложности начинаются с того, что традиционная форма преподавания «не работает», необходимо использовать не только цифровые технологии, но и изменить принципы

передачи знаний. Магистрант здесь выступает не просто «поглотителем» знаний, пассивным созерцателем, а непосредственным участником. Важно не только научить «переводу» в цифровое пространство тех или иных текстов, создавать презентации или виртуальные экскурсии и туры. Важно научить креативному мышлению, которое поможет увидеть новые возможности для сбора и визуализации данных, интеллектуального анализа данных и применения математической статистики. А это «ломка» традиционного представления о том, что гуманитарий должен обладать большим объемом памяти и может совершенно не знать математику, физику и другие дисциплины, традиционно относящиеся к естественно научному циклу. Серьезный прорыв в этой сфере знаний и профессиональных навыков будет возможен, если начиная со школьного обучения «традиционное» деление предметов, школьная специализация на гуманитарные, экономические, физико-математические и химико-биологические классы будет преодолена. Но это – мечты о будущем. В настоящее время стоит вопрос о то, на каком факультете возможно реализовать программу по подготовке Digital Humanities? Могут ли современные преподаватели-гуманитарии сформировать необходимые компетенции? Смогут ли современные преподаватели-компьютерных наук сформировать необходимые компетенции? Четкие представления и ответы на эти вопросы пока отсутствуют. Традиционно в нашей стране реализуется практика, что термин «гуманитарные» более важен в словосочетании «Digital Humanities», а, следовательно, и обучать должны на гуманитарных факультетах. На мой взгляд, это неверная позиция, т.к. более важным все же является понятие «цифровой». Но сложившееся «презрительное» отношение к гуманитариям на естественно-научных и технических факультетах не позволяет найти важные «точки сопряжения», а следовательно и не позволяет реализовывать данную программу подготовки так, как того требует современный мир.

### **Заключение**

Цифровые гуманитарные науки – это междисциплинарная область исследований, поэтому работать в этом направлении необходимо командам, которые объединяют участников с разными компетенциями. Иначе говоря, как гуманитариев, так и специалистов в области не только компьютерных наук, но и в естественно-научном направлении. В сфере Digital Humanities недостаточно просто хороших исследователей-одиночек, здесь требуются навыки командной работы, умения выйти за рамки и границы традиционного научного деления. Ведь высококачественный продукт возможен только в результате объединения

усилий программистов, специалистов по text mining, UX-дизайнеров, лингвистов, историков, культурологов, филологов, философов и многих других. Как было отмечено в Манифесте Digital Humanities, опубликованном в мае 2010 года Марином Даком: «Цифровые гуманитарные науки по определению междисциплинарны и несут в себе все методы, средства и перспективы познания, связанные с цифровыми технологиями в области гуманитарных наук. Мы желаем, чтобы навыки в этой области принимались во внимание при приёме на работу и продвижении по служебной лестнице» [2].

Профессия Digital Humanities – еще один «звонок» ко всей образовательной системе, к формированию ее гибкости и преодолению устойчивых стереотипов. Требование поиска единства, общности того, что долгое время противопоставлялось друг другу. Создание в 2016 году, по инициации Сибирского федерального университета, российского научного сетевого сообщества в области цифровых гуманитарных наук позволяет верить, что данные образовательные программы смогут стать частью образовательного пространства нашей страны.

### Список литературы

1. Эпштейн, М. наброски к теории всего / М. Эпштейн // Знание-сила. – 2019. – №3. – С. 44-55.
2. Найхан, Д., Цифровые гуманитарные науки : Хрестоматия / Д. Найхан, Э. Ванхут. – Siberian Federal University Press [Электронный ресурс] : – Режим доступа : [https://www.pure.ed.ac.uk/ws/portalfiles/portal/46320044/Terraces\\_i\\_531505996.pdf](https://www.pure.ed.ac.uk/ws/portalfiles/portal/46320044/Terraces_i_531505996.pdf)
3. Андерсон, К. Аналитическая культура. От сбора данных до бизнес-результатов / К. Андерсон. – М : Манн, Иванов и Фербер, 2017. – 327 с.
4. Пучковская, А. А. Digital Humanities: инструментарий начинающего исследователя / А.А. Пучковская, Д.А. Волков, Л.В. Зимина. – СПб : Университет ИТМО, 2022. – 82 с.
5. Манифест Digital Humanities [Электронный ресурс] : – Режим доступа : <https://tcp.hypotheses.org/501>

## Автоматизированное тестирование в среде GitLab CI/CD

Т. В. Преображенская, email: preobr@fb.nstu.ru

В. И. Симонов, email: stalker.nik20@gmail.com

Новосибирский государственный технический университет

**Аннотация.** В работе приведён результат освоения среды GitLab - платформы для управления жизненным циклом разработки программного обеспечения и автоматизированного тестирования. Приведенное пошаговое описание технологии работы в программной среде полезно при изучении дисциплины Программная инженерия для получения необходимых ИТ-компетенций.

**Ключевые слова:** Автоматизация тестирования, программная инженерия, методы и технологии разработки программных систем, GitLab, CI/CD.

### Введение

В больших проектах по созданию программных продуктов одновременно и совместно работают десятки программистов, что не способствует снижению вероятности появления ошибок ни при первоначальной разработке, ни при внесении изменений. Тестирование – обязательная операция технологического процесса создания программного продукта для подтверждения его качества, тестировщики – специалисты по тестированию. В идеальной ситуации, после любого внесённого изменения нужно заново полностью протестировать программу. В больших и сложных проектах, когда:

- сценарии (С) могут регулярно повторяться;
- С трудоемки, сложны и не подходят для ручной проверки;
- проверка тест-кейсов занимает много времени и имеются С для высоконагруженных приложений, обращаются к системам автоматизированного тестирования.

В настоящей работе приведен результат освоения системы автоматизированного тестирования GitLab, представленный в виде описания последовательности шагов и выполнения необходимых инструкций.

В наше время практика использования систем автоматизированного тестирования широко распространена во всем мире. Следуя предложенным инструкциям, можно получить навык, который

интересен работодателям. Настоящая работа может быть полезна для студентов при изучении дисциплины «Программная инженерия»

## 1. Сравнение систем CI/CD

Непрерывная интеграция (Continuous Integration, CI) и непрерывная поставка (Continuous Delivery, CD) представляют собой культуру, набор принципов и практик, позволяющих разработчикам чаще и надежнее развертывать изменения программного обеспечения.

CI/CD – одна из DevOps-практик, ее также относят к agile-практикам. Автоматизация развертывания позволяет разработчикам сосредоточиться на реализации бизнес-требований, на качестве кода и безопасности.

GitLab и Jenkins – инструменты, программные системы (ПС), используемые для непрерывной интеграции и непрерывной доставки (CI/CD). Обе ПС - системы с открытым исходным кодом, их используют для автоматизации процесса создания, тестирования и развертывания программного обеспечения.

GitLab – платформа, включающая в себя контроль версий, управление проектами, непрерывную интеграцию и многое другое. Это единое интегрированное приложение, предоставляющее все инструменты разработчикам для планирования, разработки, тестирования и доставки программного обеспечения. В GitLab интегрируются различные инструменты для предоставления комплексного решения CI/CD.

Jenkins – это сервер непрерывной интеграции, предназначенный для автоматизации процесса создания, тестирования и развертывания программного обеспечения. Его можно использовать для автоматизации различных задач, включая сборку, тестирование и развертывание изменений в проекте. Jenkins можно интегрировать в различные инструменты и платформы, включая GitLab, для предоставления полного решения CI/CD.

И GitLab, и Jenkins – популярные инструменты для CI/CD, и какой из них лучше для конкретного проекта, зависит от конкретных потребностей и целей проекта. GitLab может быть лучшим выбором для команд, которым нужна полная интегрированная платформа для управления жизненным циклом разработки программного обеспечения, а Jenkins - для команд, которым требуется более гибкое, настраиваемое решение для непрерывной интеграции и доставки.



## 2. Описание GitLab CI/CD

В настоящей работе был выбран CI/CD системы GitLab, в силу простоты его настройки, что важно для первого знакомства с подобными ПС и достаточных бесплатных ее функциональных возможностей.

GitLab можно назвать одним из любимых DevOps-инженерами инструментом. Написан в 2011 году на языке Ruby (позже разработчиками переведён частично на Go) украинскими программистами - Дмитрием Запорожцем и Валерием Сизовым. Несмотря на то, что проект GitLab имеет украинские корни – бесплатная Community версия доступна для всех, поскольку это проект с открытым исходным кодом, что означает, что каждый может его развернуть, запустить и использовать. Для первоначального знакомства возможностей бесплатной версии вполне достаточно. Данную систему можно использовать не только как средство совместного управления версиями, но и как средство для непрерывного тестирования. Рассмотрим пример: несколько разработчиков, работают над одним проектом в разных ветках (версиях) этого проекта, и каждый разработчик вносит свои изменения в проект. Система GitLab при внесении любого изменения будет запускать автоматическое тестирование. Если изменения подразумевают под собой и изменение тестов, они также могут быть изменены.

## 3. Требования для работы с инструментом

1. Включить виртуализацию в BIOS [1].
2. Включить компонент Open SSH Client, он нужен для генерации SSH ключей [2].
3. Скачать и установить Git, он нужен чтобы переключаться между версиями проекта [3].
4. Скачать и установить Docker, он нужен чтобы автоматическое тестирование могло запускаться на локальном компьютере [4].

## 4. Настройка GitLab CI/CD

Необходимо зарегистрироваться в системе GitLab [5], создать хранилище, в хранилище создать пустой репозиторий. Чтобы работать с репозиторием, нужно сгенерировать SSH ключ (об этом говорит предупреждение). Чтобы добавить ключ, нужно нажать на кнопку «Add SSH key». Ключ нужно сгенерировать через компонент Open SSH Client. Чтобы это сделать необходимо открыть командную строку и прописать там «ssh-keygen -t rsa -b 2048». Чтобы найти публичный ключ нужно перейти в папку C:\Users\ИМЯ\_ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ\.ssh (папка может быть не видна, так как скрыта, поэтому необходимо включить показ скрытых элементов). В файле с расширением .pub лежит публичный

ключ. Содержимое этого файла копируется (можно открыть блокнотом) и вставляется в соответствующее поле GitLab. Теперь система GitLab позволяет общаться компьютеру с созданным репозиторием. Чтобы связать проект с репозиторием GitLab, необходимо инициализировать репозиторий в папке с проектом. Для этого в командной строке нужно перейти в папку с проектом и написать команду «git init». Чтобы сохранить и отправить изменения необходимо написать последовательно «git add .», «git commit -m “Add source of project”», «git push -u origin main». После отправки изменений, если обратить внимание на GitLab, на рис. 1 можно увидеть, что тестирование провалилось из-за неподтверждённого аккаунта.

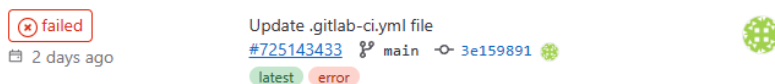


Рис. 1. Проваленный тест

Так как на момент написания этой работы нет возможности добавить банковскую карту российского банка и тем самым подтвердить аккаунт, то необходимо пойти по обходному пути. Обходной путь заключается в установке компонента, запускающего тестирование, к себе на компьютер, и является абсолютно законным, так как мы пользуемся компонентами и инструкциями, которые предоставляет сервис GitLab. Перед установкой компонента нужно узнать токен для него. Токен можно узнать, перейдя по ссылке «[https://gitlab.com/ИМЯ\\_ХРАНИЛИЩА/ИМЯ\\_РЕПОЗИТОРИЯ/-/settings/ci\\_cd](https://gitlab.com/ИМЯ_ХРАНИЛИЩА/ИМЯ_РЕПОЗИТОРИЯ/-/settings/ci_cd)», он нужен исключительно для того, чтобы связать тестировщик с системой GitLab и не связан с операциями шифрования. Скачивается бинарный файл компонента: для 64 битной версии, либо для 32 битной версии [6]. В папку по адресу C:\GitLab-Runner (если нет, то нужно её создать) необходимо переместить бинарный файл. В ней, от имени администратора, нужно открыть командную строку и последовательно прописать следующее: «.\ gitlab-runner-windows-amd64 install», «.\ gitlab-runner-windows-amd64 start», «.\ gitlab-runner-windows-amd64 register». Во время регистрации указать «<https://gitlab.com/>» в качестве URL и полученный токен. В самом конце, в качестве исполнителя необходимо написать docker. Теперь при внесении изменений в проект, автоматически запускается тестирование изменений на локальном компьютере, как на рис. 2, что позволит значительно сократить время на тестирование функций и повысить качество разрабатываемого продукта.



Update .gitlab-ci.yml file  
#725368715 main ↻ 3e159891 🌿  
latest



*Рис. 2. Пройденный тест*

### **Заключение**

В работе сформулированы условия необходимости автоматизированного тестирования программных продуктов. Дана краткая характеристика CI и CD как современной культуре разработки, позволяющей разработчикам чаще и надежнее разворачивать изменения программного обеспечения. Приведено сравнение двух широко используемых в настоящее время программных систем GitLab и Jenkins, самых популярных инструментов для CI/CD. Обоснован выбор GitLab для первоначального изучения.

Перечислены необходимые требования для работы с GitLab. Приведена технология настройки системы GitLab CI/CD для автоматизированного тестирования из опыта работы с системой.

Приведенные сведения могут помочь в создании лабораторных работ для студентов направления Прикладная информатика, например, по дисциплине Программная инженерия и получения важных навыков для практической работы – новых востребованных ИТ-компетенций.

### **Список литературы**

1. Как включить аппаратную виртуализацию [Электронный ресурс]: BlueStacks. – Режим доступа: <https://www.support.bluestacks.com/hc/ru/articles/360058102252-Как-включить-аппаратную-виртуализацию-VT-в-Windows-10-для-BlueStacks-5>
2. Установка OpenSSH [Электронный ресурс]: Официальный сайт Microsoft. – Режим доступа: [https://learn.microsoft.com/ru-ru/windows-server/administration/openssh/openssh\\_install\\_firstuse](https://learn.microsoft.com/ru-ru/windows-server/administration/openssh/openssh_install_firstuse)
3. Downloads Git [Электронный ресурс]: Git. – Режим доступа: <https://git-scm.com/downloads>
4. Install Docker desktop [Электронный ресурс]: Docker. – Режим доступа: <https://www.docker.com/products/docker-desktop/>
5. About GitLab [Электронный ресурс]: GitLab. – Режим доступа: <https://about.gitlab.com/>
6. GitLab Runner Install [Электронный ресурс]: GitLab. – Режим доступа: <https://docs.gitlab.com/runner/install/>

## Электронное портфолио профессионального развития педагога

О. В. Степаненко, email: stepanenkaa@yandex.ru

МБОУ БГО «Борисоглебская гимназия № 1»

**Аннотация.** *В данной работе рассматриваются особенности создания персонального сайта – электронного портфолио профессионального развития педагога как одной из важных ИКТ-компетенций, необходимой в профессиональной деятельности современного учителя в соответствии с требованиями профессионального стандарта.*

**Ключевые слова:** *персональный сайт, электронное портфолио, профессиональное развитие педагога, профессиональный стандарт, ИКТ-компетенции педагога.*

### Введение

В современном мире главным профессиональным качеством, которое педагог должен постоянно демонстрировать своим ученикам, становится умение учиться. Готовность к переменам, способность к нестандартным трудовым действиям, мобильность, ответственность и самостоятельность в принятии решений — все эти характеристики деятельности успешного профессионала в полной мере относятся и к педагогу. Обретение этих ценных качеств невозможно без расширения пространства педагогического творчества.

Разработка педагогом собственного сайта позволяет открыть для образовательной работы новую среду и актуализировать ее возможности. Персональный сайт становится средством работы и используется в образовательной деятельности для обеспечения взаимной работы педагога, родителей и учеников: в рамках проведения дистанционного обучения, при осуществлении проектной работы для ведения опросов и дистанционных занятий и т.д. Наличие персонального сайта дает учителю возможность продемонстрировать свой инновационный опыт, овладеть знаниями дистанционных методик, а также поднять уровень своих ИКТ-компетенций.

## **1. Цель создания электронного портфолио**

В 2008 году я разработала персональный сайт-портфолио [1], который активно использую в своей профессиональной деятельности уже 15 лет.

Цель создания моего электронного портфолио:

- учет образовательных достижений и качества знаний обучающихся по предмету «Информатика и ИКТ»;
- систематизация достижений обучающихся в проектно-исследовательской деятельности, результативности их участия в конкурсах, фестивалях, олимпиадах, смотрах и т.п. по информатике и ИКТ;
- обобщение и распространение инновационного опыта научно-педагогической деятельности, сетевого взаимодействия;
- информирование представителей общественности, педагогов о траектории моего профессионального развития и самосовершенствования;
- актуализация обеспечения высокого качества организации образовательного процесса на основе эффективного использования современных образовательных технологий, в том числе информационно-коммуникационных.

## **2. Разделы персонального сайта-портфолио**

Каждый учитель имеет собственную методическую систему, которая апробирована в педагогической практике и, по моему мнению, должна быть грамотно изложена в виде педагогической концепции. В разделе сайта «Педагогическая концепция» представлена моя педагогическая концепция, проанализировано создание условий для приобретения обучающимися позитивного социального опыта; использование в процессе преподавания предмета воспитательных технологий, обеспечивающих формирование позитивного социального опыта у учащихся; использование инновационных образовательных технологий в процессе обучения предмету «Информатика и информационно-коммуникационные технологии».

Раздел «Методическая копилка» – это и портфолио, которое наглядно показывает уровень профессионализма, это и набор универсальных инструментов, которые в любую минуту придут на выручку при подготовке к уроку, а иногда еще и палочка-выручалочка, которой можно воспользоваться в нестандартной ситуации, возникшей на уроке.

В данном разделе представлены авторские методические материалы, электронные образовательные ресурсы по информатике и ИКТ (открытые уроки, технологические карты уроков, презентации,

тесты, компьютерные практикумы, flash-презентации, задания для интерактивной доски, видеоролики и многое др.).

Раздел активно пополняется научно-методическими материалами для педагогов (презентации, выступления, статьи, мастер-классы, кейсы, проектные задачи, программы курсов по выбору, деятельностные игры, рабочие программы, видеозаписи открытых мероприятий, выступлений, онлайн-семинаров, мастер-классов, видеозаписи лекций и практических занятий авторской дополнительной профессиональной программы повышения квалификации педагогов «Робототехника онлайн. Формирование цифровых навыков обучающихся» в формате стажировки (20 часов), видеолекции на темы «Система упражнений по подготовке к проектной и исследовательской деятельности школьников на уроках информатики», «Использование компьютерных технологий при организации рефлексии на уроках», «Инструментарий интерактивного взаимодействия»). Представлены материалы по классному руководству: классные часы, родительские собрания, программа и план воспитательной работы. Большое место в методических материалах отведено проектно-исследовательской работе обучающихся, в разделе «Работы учащихся» размещено свыше 150 проектов по направлениям «Робототехника», «Интернет вещей», «3D моделирование и прототипирование», «Электроника», «Arduino», «Flash», «Презентации», «Компьютерная графика», «Индивидуальные проекты», «Видеоролики», «Динамический Excel», «Сайты» и др. Все 335 материалов данного раздела доступны для свободного скачивания.

Раздел «Мои достижения» содержит информацию о проведении мастер-классов, семинаров, занятий на курсах повышения квалификации, в том числе через Интернет; научно-педагогических и методических публикациях, в том числе размещенных в сети Интернет; результативности участия в сетевых профессиональных сообществах, образовательных программах, проектах и мероприятиях; непрерывности собственного профессионального развития (повышение квалификации по предмету и освоение новых информационно-коммуникационных технологий); участия в профессиональных конкурсах педагогического мастерства и структурирован по учебным годам (так как данный вид классификации считаю наиболее оптимальным).

Вся представленная информация подтверждена документальными свидетельствами признанных профессиональных достижений как в электронном виде (сканированные копии дипломов, сертификатов и т.п.), так и в виде активных ссылок на сайты в сети Интернет. Хотелось бы отметить, что большое внимание я отвожу самоанализу своей профессиональной деятельности. Моё педагогическое кредо: «Сильным,

опытным становится педагог, который умеет анализировать свой труд» (В.А. Сухомлинский). Именно поэтому портфолио содержит и листы рефлексии.

Раздел «Достижения учащихся». Успехи моих учеников – это моя гордость. Учащиеся активно разрабатывают как индивидуальные так и командные проекты, с которыми выступают на конференциях, а также являются участниками всевозможных фестивалей, чемпионатов, сетевых проектов и конкурсов: Всероссийского игры-конкурса «Инфознайка»; Всероссийского конкурса «Поколение Next»; конкурсов газеты «информатика» издательского дома Первое сентября; регионального фестиваля "Интернет и Мы", регионального конкурса «Детские инженерные проекты», Регионального робототехнического фестиваля «РобоМир», Регионального чемпионата компетенций ЮниорПрофи (JuniorSkills) Воронежской области (в рамках Всероссийского технологического фестиваля «Робофест»), Межрегионального открытого фестиваля научно-технического творчества «РОБОАРТ, Межрегионального конкурса робототехнических проектов Arduinator», Всероссийского цифрового фестиваля STEM-творчества «ProSTEM», Всероссийской конференции "Юные техники и изобретатели" в Государственной думе Российской Федерации, Всероссийского конкурса научно-технологических проектов «Большие вызовы» (Сириус), Всероссийского технологического фестиваля "РобоФест", Молодежного конкурса научно-технических проектов РОСТ-ISEF, Всероссийского конкурса юных изобретателей и рационализаторов ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», Всероссийского конкурса медиатворчества и программирования среди учащихся «24 bit» ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», Всероссийского конкурса начального технического моделирования и конструирования «Юный техник–моделист» ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», Всероссийской олимпиады по робототехнике и интеллектуальным системам среди учащихся ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН» и др., принимают участие в олимпиадах по информатике и робототехнике как регионального, так и всероссийского уровней, ведут учебно-исследовательскую деятельность, успешно защищают индивидуальные проекты. Данный раздел структурирован по учебным годам, и вся представленная информация подтверждена документальными свидетельствами достижений обучающихся как в электронном виде (сканированные копии дипломов, сертификатов и т.п.), так и в виде активных ссылок на сайты в сети Интернет.

Наличие раздела «Сетевое взаимодействие» считаю обязательным для электронного портфолио педагога, так как социальные сервисы сети

Интернет расширяют возможности современного учителя, позволяют работать в сетевых сообществах, объединениях, рабочих группах, дают возможность учителям информатики и ИКТ найти ответы на многие волнующие их профессиональные вопросы, проявить свою активность и повысить свою профессиональную подготовку.

Раздел «УМК по информатике» – это методическая помощь молодым педагогом, пришедшим работать в школу после окончания вуза.

Раздел «Внеклассная работа». Я уделяю большое внимание внеклассной работе по предмету: проведению конкурсов, турниров, викторин, недели науки, летней компьютерной школы, так как, по справедливому замечанию В.А. Сухомлинского, «чтобы дать ученикам искорку знаний, учителю надо впитать в них целое море света». Среди эффективных форм работы по развитию творческого потенциала личности – тьюторские занятия, на которых решаю следующие задачи:

- организация взаимодействия ученика и учителя, нацеленного как на выявление и решение проблем слабоуспевающих учащихся (затруднения, препятствия), так и на совместную продуктивную, творческую деятельность с одаренными гимназистами;
- формирование у гимназистов способности к самоорганизации, рефлексии собственной деятельности;
- персональное сопровождение ученика в образовательном пространстве предпрофильной подготовки и профильного обучения.

Формами работы на тьюторских занятиях являются: индивидуальные консультации; парная и групповая работа. Основными результатами тьюторского сопровождения учащихся являются, во-первых, освоение учеником проектной деятельностью, формирование готовности ребенка к самостоятельному проектированию, во-вторых, развитие познавательных интересов учащегося, их осознание, выстраивание образовательной траектории и индивидуальных образовательных перспектив.

Раздел «Проекты учащихся». Принцип работы с учащимися – проектный, групповой, личностно-ориентированный, объединяющий не только гимназистов, занимающихся поисковой, реферативной работой, анализом и систематизацией, но и творческих гимназистов, разрабатывающих авторские ЦОРы, web-сайты, готовящих иллюстративный материал в графических редакторах. Творческие, проектные и исследовательские работы учащихся – это презентации, flash-презентации, web-сайты, flash-открытки, цифровые



образовательные ресурсы, интерактивные тренажеры, тестовые программы, интерактивные компьютерные модели, 3D модели (КОМПАС-3D), прототипы технических устройств на основе платы Arduino, «Интернет вещей» и др. С творческими работами гимназисты принимают участие в конкурсах, фестивалях различного уровня – от школьного до Международного, показывая высокие результаты. Некоторые проекты интегрированные, находящиеся на стыке двух-трех наук (математика, физика, информатика) или областей социальной практики гимназистов, что, несомненно, расширяет кругозор учащихся и предоставляет новые возможности применить свои знания и сделать осознанный выбор будущей специальности. Информация в данном разделе структурирована по учебным годам. Для каждого представленного творческого проекта указаны компетенции, на формирование которых он направлен, а также форма представления и место проведения проекта или исследования.

### **Заключение**

Любое образовательное учреждение сегодня имеет официальный сайт в сети Интернет и электронное портфолио педагога может стать частью такого сайта, а может выступать в качестве самостоятельного ресурса, но и в том, и в другом случаях, электронное портфолио способствует распространению опыта педагога, что является одним из важных критериев при оценке уровня квалификации.

Такими образом, создавая электронное портфолио, педагог фиксируя свои достижения, одновременно создает структурированную медиатеку цифровых образовательных ресурсов, которую может постоянно пополнять и активно использовать в своей педагогической деятельности.

### **Список литературы**

1. Сайт-портфолио учителя информатики и ИКТ Степаненко Ольги Владимировны. – [Электронный ресурс]. – 2023. – URL : <http://stepanenkaa.ucoz.ru/> (дата обращения: 09.01.2023).

## Содержание

### Пленарные доклады

Ерешко Ф. И. Управление в искусственных нейронных сетях .....4

### Секция 1. Методы и технологии разработки программных систем

Акимов А. В. Расчет таблицы истинности при верификации логических схем путем векторизации вычисления логических функций .....28

Бондарев В. Г., Лопаткин Д. В., Роговенко О. Н., Монгуш Д. С., Титов Д. Е., Чернышов М. А. Разработка WEB API для опτικο-электронной системы межсамолетной навигации беспилотного летательного аппарата .....35

Борисов А. Д. Фотометрическая функция энергии в задаче нежесткой регистрации лица .....42

Введенский А. А. ECS-подход в разработке компьютерных игр ....48

Дылевский А. В. Восстановление динамически искаженных сигналов .....53

Дылевский А. В., Хрипушин Д. А. Применение прогнозатора для расчета оценки прогноза заданного сигнала .....59

Егоров В. Ю. Операционная система реального времени QPRT ....68

Малышев А. А. Кроссплатформенный компилятор языка Cloud Sisal.....75

Рубцов Е. А. Разработка через сценарии.....84

Рягузов А. В., Борисенков Д. В. Разработка программного модуля искусственного интеллекта для игры в шахматы .....92

Савина Н. Ю., Самойлов Н. К. Разработка набора настольных игр на платформе Android .....99

Хныкин Д. Е., Самойлов Н. К. Информационная система управления тепличными комплексами с применением элементов нечёткой логики ..... 107

Чернышов М. К. Использование протокола Kerberos для авторизации пользователей прокси-сервера Squid на базе pfSense ..... 114

### Секция 2. Компьютерное моделирование в фундаментальных и прикладных исследованиях

Алексеев А. Е., Рябов А. В. Способ повышения устойчивости авиационной радиосвязи ..... 123

Аль-Хамами О. Х. Вероятностный подход к формированию обучающей выборки для классификатора сердечно-сосудистых заболеваний ..... 129

Артемов М. А., Бабкина Ю. Н., Барановский Е. С., Меджидов Р. Г., Соломатин Д. И. Моделирование состояния тепловыделяющих элементов.....	135
Бакаев Г. Н., Круссер И. В. Моделирование облачных полей с целью обеспечения полетов беспилотных летательных аппаратов.....	144
Балакин В. С., Шипко Ю. В., Колычев О. В., Костылева Л. Н. Автоматизированный расчет и представление специализированных климатических показателей .....	149
Беляев Ю. М., Матейко В. В. Средние характеристики направленности антенн размещенных на подвижных объектах .....	156
Борисов Д. Н., Разиньков С. Н., Богословский А. В. Компьютерное моделирование и анализ характеристик приема и рассеяния сигналов щелевыми антенными решетками мобильных радиоэлектронных комплексов.....	162
Галиев С. Ф., Горбуков Н. Д. Модель канала управления беспилотного летательного аппарата для исследования декодера турбокодов.....	170
Денега И. З., Круссер И. В., Драбо А. И. Модель диагноза облачности по спутниковым снимкам .....	175
Деркачев А. И., Зеленский Н. С. Методические аспекты оценки успешности альтернативного прогноза тумана по пункту Челябинск .....	179
Долгов А. А. Программное обеспечение классификации разновременных инфракрасных изображений аэрокосмического мониторинга по теплофизическим параметрам с применением искусственных нейронных сетей .....	185
Драбо А. И., Пигарев А. Е., Корсаков Р. М. Оценка точности расчета атмосферного давления с использованием барометрических формул.....	190
Дубровина О. В. Функциональное моделирование процесса адаптации информационной системы к потребностям незрячего пользователя .....	198
Жигулин В. А. Подробная цифровая модель радиоприёмного устройства .....	204
Закусилов В. П., Гедзенко Д. В. Компьютерное моделирование при анализе внутренних механизмов климатических колебаний.....	212
Звягинцев Н. В., Биллиг В. А. Методы интеллектуального анализа данных в управлении химико-технологическими процессами .....	218

Кабилов И. Р., Монгуш Д. С., Бондарев В. Г., Лопаткин Д. В., Ипполитов С. В. Исследование работы оптико-электронных систем программными средствами .....	225
Казьмин А. И., Федюнин П. А., Манин В. А. Оценка разрешения величин диэлектрической и магнитной проницаемостей соседних слоев многослойных магнетодиэлектрических покрытий методом поверхностных электромагнитных волн путем имитационного моделирования .....	234
Казьмин А. И., Федюнин П. А., Манин В. А., Корепанов П. Ю. Имитационная модель оценки точности измерений электрофизических параметров многослойных диэлектрических и магнетодиэлектрических покрытий методом поверхностных электромагнитных волн.....	242
Канищева О. И., Боровков В. С. Математическое моделирование динамики развития инфекционных заболеваний с использованием библиотек Python Numpy и Matplotlib .....	248
Клейменов А. Р. Информационная модель разработки адаптированного электронного учебного пособия .....	258
Козирацкий Ю. Л., Прохоров Д. В., Баев В. А., Головин И. О. Компьютерная модель процессов наблюдения и наведения приборов в условиях дымки .....	265
Кононов А. Д., Кононов А. А. К вопросу моделирования устройств подавления помех для систем дистанционного управления движением технологических машин .....	274
Королева В. А., Кондратьев М. С., Холявка М. Г., Артюхов В. Г. Реконструкция пространственной структуры фидина...281	
Костылева Л. Н., Кот А. Е. Моделирование загрязнения атмосферного воздуха техногенно нагруженной территории.....	286
Кузнецов И. Е., Булгин Д. В., Суворов С. Ю. Алгоритмическая модель краткосрочного прогнозирования полей метеовеличин на основе полученных данных радиолокационных и наземных наблюдений .....	292
Кузнецов И. Е., Кузнецов А. И. Алгоритмы модификации погодных условий с использованием беспилотных летательных аппаратов .....	296
Курбонов Н. М. Математическая модель и параллельный алгоритм для решения задачи фильтрации газа в пористых средах.....	302
Курьянов И. Ю., Кузьминов Ю. В. Разработка компьютерной модели определения координат цели на основе алгоритма розеточного сканирования поверхности матричного фотоприемника .....	307

Ломакин А. К. Синтез нейро-нечеткого алгоритма управления приводом вертикального канала наведения и стабилизации .....	315
Лопаткин Д. В., Ипполитов С. В., Бондарев В. Г., Титов Д. Е., Чернышов М. А. Имитационное моделирование испытаний перспективного двухпрофильного фюзеляжа беспилотного летательного аппарата .....	321
Мазин А. С. Применение компьютерного моделирования в задаче определения направленных свойств антенн радиоэлектронного средства, участвующего в конфликтном взаимодействии .....	329
Маленёв А. И. Экологический мониторинг распространения вредных примесей на урбанизированных территориях .....	338
Мартышкин А. Б. Научно-методический подход к построению моделей прогнозирования туманов при подготовке метеорологических специалистов из стран ОДКБ.....	344
Маслобойщиков А. Н., Веремьев Н. А., Аристов А. И. Модель оценки информации используемой при гидрометеорологическом обеспечении потребителей .....	349
Нишонов Н. А., Маткаримов А. Х., Косимов Э. А. Математическое моделирование НДС подземных полимерных трубопроводов, взаимодействующих с окружающим грунтом по вязкоупругому закону .....	357
Ножкин В. С., Холмуродов Ж. Б., Сапожников И. А., Синюгин И. А. Модель проникновения влаги в почву на основе гистерезисного подхода.....	363
Пикалов А. С. Математические подходы к решению задачи синтеза новых конфигураций бортовой информационно-вычислительной системы.....	367
Попов В. В., Уткин А. А., Гордеев М. С. Моделирование работы индикатора грозовых разрядов .....	375
Попова Е. А., Яковлев А. В., Королькова И. К. Применение эллиптических кривых высших порядков для защиты информации ....	382
Разиньков С. Н., Разинькова О. Э., Евсеев А. В., Сторожук Ю. В. Анализ и синтез приемных структур мобильных комплексов скрытного радиотехнического мониторинга .....	392
Разиньков С. Н., Борисов Д. Н., Богословский А. В. Применение компьютерных программ электродинамического моделирования для анализа приемоизлучающих структур .....	399
Савинков А. Ю. Вычислительно-эффективная реализация дискретного преобразования Фурье.....	407

Смирнова Е. А. Влияние гистерезисного звена на поведение нелинейной системы с внутренним резонансом .....	420
Соловьев А. В., Косован И. С. Регрессионное моделирование дальности видимости с учетом дисконтирования метеорологических данных .....	425
Соломатин Д. И., Верлин А. А., Меджидов Р. Г., Некрасов Ю. В. Компьютерное моделирование состояния цилиндрических тел при комбинированном воздействии .....	432
Стадная Н. П., Переселков С. А., Киринос С. Л., Долгих Д. Б., Самсонов А. В. Модель обработки радиолокационной метеорологической информации с использованием двумерного преобразования Фурье .....	441
Тищенко А. И., Беспалов С. В. Математическая модель влияния атмосферной дымки на линейное разрешение на местности съемной системы, установленной на беспилотном летательном аппарате .....	448
Ульшин И. И., Фатеев А. С. Исследование статистической значимости результатов обработки метеорологических архивных данных .....	454
Хапкин Д. Л., Феофилов С. В., Козырь А. В. Синтез устойчивой нейросетевой замкнутой системы управления существенно нелинейным объектом с оптимизацией времени регулирования .....	461
Чертков В. М., Богуш Р. П., Адамовский Е. Р., Наумович Н. М., Стежко И. К. Имитационное моделирование разделения данных первичных и вторичных пользователей в когнитивной системе связи .....	471
<b>Секция 3. Технологии обработки и защиты информации</b>	
Ganiev A. A., Kerimov K. F., Azizova Z. I. Confidentiality in cyberspace and how it is violated .....	479
Альмахмуд М., Богословский Е. А. Исследование возможности практической реализации алгоритмов автосопровождения траекторий воздушных объектов .....	484
Альмахмуд М., Богословский Е. А. Параллельная обработка с экстраполяцией в многосенсорных системах измерения координат воздушных объектов .....	494
Артемьев Е. А. Анализ применения архитектуры Transformer сегодня .....	504

Бережнов Н. И., Сирота А. А. Исследование обобщающей способности методов глубокого обучения для улучшения качества изображений .....	510
Бодякин М. С. Научно-технические предложения по конфигурированию параметров службы доменных имен информационных систем в условиях сетевой разведки .....	519
Воронина И. Е., Пастревич М. К. Выбор модели для решения задачи автоматической классификации речевой агрессии .....	530
Ганиев С. К., Хамидов Ш. Ж. Применение искусственных иммунных систем в фильтрации спам-писем .....	537
Гостев З. С., Сирота А. А., Попова Е. В., Минаков Д. А. Классификация изображений в приемной камере фандомата .....	543
Дрюченко М. А. Мультиплексирование скрытых каналов при реализации стеганографического встраивания в цифровые изображения с использованием некриптографических хеш-функций .....	552
Керимов К. Ф., Азизова З. И. Применение процесса деидентификации для снижения рисков нарушения конфиденциальности .....	562
Кирсанов Э. А., Татаринцев В. А., Гладких М. Р. Исследование алгоритма выявления групп территориально совмещенных источников радиоизлучения методом среднего сдвига .....	568
Коваль А. С. Платформы обработки сетевого трафика на ПЛИС с аппаратными СФ-блоками .....	573
Лебедкина Т. В., Львов В. А. Алгоритм резервирования системы обнаружения атак в сети специального назначения .....	578
Лебедкина Т. В., Степаненко Н. Д. Модель оценки защищенности алгоритмов маршрутизации трафика автоматизированных систем .....	586
Лука В. Д. Сравнение алгоритмов Machine Learning в решении задач распознавания изображений .....	593
Москвин А. А., Бодякин М. С., Каверин С. С. Оценка эргодичности и робастности процесса функционирования сетевых устройств, имеющих множественную адресацию .....	603
Нестругина В. В., Воронина И. Е. Программные средства анализа качественных данных на основе детерминационного анализа .....	609
Обухова Э. В., Швырева А. В. Решение задачи сбора открытых данных пользователей в социальной сети ВКонтакте с целью дальнейшего исследования возможности использования цифровых следов для решения проблемы профориентации .....	619

Отырба Р. Р., Сирота А. А. Разработка свёрточной нейронной сети для решения задачи семантической сегментации .....	625
Паламарь И. Н., Гагарина А. И., Кулиманов И. Е. Прогнозирование профиля шероховатости поверхности детали на основе глубокой сети доверия .....	634
Попов М. И. Исследование процесса распознавания рукописных цифр полносвязной двухслойной нейронной сетью .....	644
Родионов В. С., Балакирев Н. Е. Вопросы восстановления промежуточных значений амплитуд между характерными точками после структуризации входного потока .....	650
Смирнов В. А., Привалов А. Н. Проектирование базы данных реестра фейковых сайтов организаций .....	657
Тухасинов М. Т., Тулкиналиева М. М. Алгоритмы выбора и сопоставления признаков векторов цифровых изображений на основе анализа локальных экстремумов.....	665
Умрюхин Е. А., Балакирев Н. Е. Алгоритмы и методы разметки звукового потока на основе количественных и качественных характеристик .....	673

#### **Секция 4. Информационные системы и базы данных**

Бистерфельд О. А., Бистерфельд Н. С. Экспертная система на основе базы знаний судебных прецедентов как инструмент расследования финансовых преступлений .....	680
Данилин М. А., Подтыкин В. О. Методика оценки решений органов управления связью .....	686
Димант Э. И. Современные реалии создания виртуального представительства малого предприятия .....	690
Дмитриев О. С., Дмитриев А. О. Интерфейс ввода функциональных зависимостей свойств полимерных композитов в ИИС процесса отверждения .....	695
Дождёв Н. С., Протасова И. В., Толстобров А. П. Сервис получения студентами своих учетных данных для доступа к ресурсам образовательного портала «Электронный университет ВГУ» .....	700
Донцов А. А., Самойлов Н. К. Информационная система сбора, обработки и визуализации данных воздушной обстановки в регионе.....	705
Кадиев Ш. К., Хабибулин Р. Ш. Разработка программного обеспечения по оценке необходимого количества сил и средств для ликвидации чрезвычайных ситуаций.....	713



Пономарев Н. О. Представление темпоральной модели данных в банковской информационной системе .....	717
Путькина Л. В. Применение решений искусственного интеллекта в создании кроссплатформенного и высокотехнологического предприятия .....	723
Фадеев М. М. Обеспечение компьютерных исследований и физических экспериментов средствами воспроизведения получаемых результатов .....	730
Шебуняева С. А., Матвеева М. В. Интеграционная шина сервисов управления бизнес-процессами банка .....	739
Шеркунов А. В. Система управления складом и её влияние на деятельность предприятия .....	746

## **Секция 5. Прикладное моделирование и E-business**

Osipov A. L., Gubanova S. A. Computer analysis of atmospheric air pollution by stationary and mobile sources .....	753
Анфёров М. А. Параллельная кластеризация в анализе эффективности правоохранительной деятельности .....	758
Артемьев Е. А. Внедрение логистического комплаенса в систему складской деятельности предприятия .....	764
Быков М. Н., Копытина Е. А. Разработка парсера для автоматизации работы с учебными планами факультета компьютерных наук Воронежского государственного университета....	768
Волкова П. А., Комаров В. М. ИТ-ландшафт как путь повышения эффективности управления предприятием .....	773
Воронцов Я. А. Современная социальная инженерия: методы воздействия и противодействия.....	782
Громковский А. А., Москаленко А. В. Моделирование процессов арбитража при торговле цифровыми активами .....	789
Зацаринный А. А., Ионенков Ю. С. К вопросу оценки эффективности «системы систем» .....	800
Зацаринный А. А., Сучков А. П. Автоматизированная система ситуационного управления как услуга: сервисы мониторинга.....	809
Илларионов И. В., Венгеров Д. В. Применение юридически значимого электронного документооборота с использованием электронной подписи в процессах закупки МТР у внешних контрагентов.....	819
Илларионов И. В., Панарьин М. А. Разработка системы подбора аналогов для замены материалов в SAP ERP .....	826
Илларионов И. В., Фадеев А. И. Подача цифрового технического предложения .....	835

Королькова И. К., Яковлев А. В. Моделирование протокола терминального обслуживания на примере платежной системы Qiwi...	845
Кузнецов И. Е., Гедзенко Д. В., Максин И. С. Научно-методические подходы к долгосрочному прогнозированию метеорологических условий на основе элементов искусственного интеллекта .....	852
Кульба В. В., Меденников В. И. Математическая модель оценки влияния человеческого капитала на развитие регионов России с учетом современных тенденций цифровизации.....	857
Матвеев М. Г., Алейникова Н. А., Громковский А. А. Синтез дискретной нечеткой цепи Маркова на основе многомерных временных рядов.....	865
Меденников В. И. Результаты моделирования оценки влияния человеческого капитала на развитие регионов России.....	877
Меньших В. В., Никитенко В. А. Матричное представление классических операций над автоматами.....	886
Пименов В. И., Аникина Т. С., Пименов И. В. Алгоритмическое обеспечение рекомендательных систем в сфере электронной коммерции .....	892
Порядин А. В., Дмитриева И. И., Корнилов И. Р., Копытина Е. А., Потапов А. Г., Храпов И. В., Меркулов А. Е., Братышев Т. Д., Бутовецкая С. И. Разработка программного комплекса для автоматизации деятельности Контрольно-счетной палаты Воронежской области .....	901
Претков А. И., Копытина Е. А. Разработка программного комплекса для автоматизации формирования документов основных профессиональных образовательных программ высшего образования факультета компьютерных наук Воронежского государственного университета.....	907
Романенкова Т. И., Коротков В. В. Генетический алгоритм SPEA для решения многокритериальной задачи формирования инвестиционных портфелей .....	913
Шмелев М. А., Матвеев М. Г. Выбор стратегии продавца на электронной торговой площадке .....	922
<b>Секция 6. Интеллектуальные информационные системы, компьютерная лингвистика, технологии информационного поиска</b>	
Бирюкова Е. В., Воронина И. Е. Анализ тональности текста как метод моделирования русскоязычного нарратива .....	934

Верещагина М. С., Гаршина В. В. Исследование поведения клиентов на основе анализа накопленных данных телекоммуникационной компании .....	939
Ветохин В. В., Романов Д. А., Попова К. С., Лукьянец С. В., Костюков К. А. Методика автоматизированного классифицирования, нормоконтроля и проверки уникальности текстовых документов .....	946
Власова Е. А. Применение искусственного интеллекта в компаниях сферы услуг .....	951
Воронина И. Е., Экерт Н. А. Анализ экспериментальных данных выбора варианта при нечетком сравнении строк .....	956
Гончаров А. С., Гаршина В. В. Онтологический подход и обработка языковой информации в задаче роботизированной поддержки граждан при обращении в кол-центры и на «горячие линии» .....	963
Гриф М. Г., Королькова О. О. Перспективные направления разработки электронных информационных ресурсов для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья по слуху .....	973
Донина О. В., Сигаева Т. О. Возможность сравнения идиомов на малом объеме данных при помощи приложения GabMap .....	979
Каладзе В. А., Ворсунов А. А. Формирование релевантного множества слов в текстах бытового юмора методом Word2Vec .....	987
Козулин Н. Д. Улучшение структуры и быстродействия модуля поиска заимствований в системе проверки учебных работ по программированию .....	996
Кретов А. А., Половинкина М. В., Половинкин И. П., Трофимова А. В. О предельном размере словаря и фрактальной размерности метакниги А.Ф. Писемского .....	1001
Лаптев М. В., Вычегжанин С. В., Котельников Е. В. Идентификация человеческих ценностей в текстовых аргументах ....	1011
Маторин С. И., Гуль С. В. Структурный паттерн онтологического проектирования на основе трехмерной классификации .....	1020
Оганисян В. А., Кретов А. А. Закономерности роста словаря в 1-11 томах «Полного собрания сочинений» В. И. Ленина .....	1030
Подтележникова Е. Н. Формализация Словаря Академии Российской .....	1038
Поречный А. С., Полицына Е. В., Полицын С. А. Компьютерная лингвистика: развитие и прогноз практического применения технологий .....	1043

Преображенский А. П., Меняйлов Д. В. О проблемах идентификации именованных объектов и извлечения связей при анализе научных и технических русскоязычных текстов.....	1053
Рыкунов А. Н. Создание метода проведения морфологического анализа несловарных слов в текстах на русском языке для повышения точности работы библиотек JMorfSdk .....	1063
Сбоев А. Г., Грязнов А. В., Рыбка Р. Б., Скороходов М. С., Молошников И. А. Интерфейс на основе нейросетевых языковых моделей для взаимодействия человека и робота на русском языке.....	1070
Сергеев А. С. Исследование алгоритмов анализа содержимого технической документации.....	1080
Сычев А. В. Нечеткая тематическая кластеризация коллекции коротких текстовых сообщений на основе латентного размещения Дирихле .....	1086
Фищева И. Н., Пескишева Т. А., Головизнина В. С., Котельников Е. В. Создание русскоязычного корпуса аспектов аргументации .....	1091
Хнюнин М. В., Гриф М. Г. Система распознавания жестов в реальном времени с использованием MediaPipe.....	1097
Чересов П. А. Классификация задач компьютерной лингвистики для создания инструмента по управлению потоками задач .....	1103

## **Секция 7. Суперкомпьютерные вычисления и BigData. Квантовые информационные системы**

Петрищев К. О., Романов А. В. Матричные вычисления с использованием ruMIS .....	1112
Тарасов В. С., Ушаков В. А. Разработка кроссплатформенной библиотеки для моделирования процессов термодинамики средствами Metal.....	1122

## **Секция 8. САПР и цифровые технологии**

Аветисян Т. В., Львович Я. Е., Преображенский А. П. Об особенностях формирования системы умного дома.....	1130
Володин В. А., Филимонова А. А., Сокольников В. В. Разработка подсистемы ассесмент диагностики кадров .....	1135
Карамышева Н. С., Митрофанов М. П., Акифьев И. В. Диалоговая система вуза на основе telegram-бота .....	1139
Маерова Е. В., Скоморохова А. И. Подходы к повышению степени автоматизации разработки технологических процессов.....	1148

Пачевский Д. Е., Пак А. А., Собенина О. В. Методология разработки тестов для системы дистанционного обучения .....	1153
Подоприхина Т. Н., Талдыкин И. С., Никулин В. С. Разработка системы «Health & Science» .....	1160

# ШКОЛА-КОНФЕРЕНЦИЯ

## Содержание

### Секция 1. Методика преподавания информатики

Абрамян Г. В. Социальные ориентиры и перспективы Hi-hume образования и преподавания информатики в условиях цифровизации и четвертой промышленной революции .....	1169
Гаркавенко Г. В., Шеметов И. Д. Некоторые особенности изучения языка программирования Python .....	1177
Гаршина В. В., Трофимова Л. А. Опыт обучения школьников и студентов, имеющих расстройства аутистического спектра IT специальностям.....	1184
Кулаков Ю. В. Нормальный алгоритм Маркова для решения олимпиадной задачи по информатике «Лягушачья игра».....	1191
Савченко Е. А. Интегрированные занятия как эффективное средство в преподавании дисциплин профессионального цикла.....	1201
Старикова Н. П. Роль индивидуального учебного проекта в изучении информатики.....	1205
Ускова О. Ф., Медведев С. Н., Абрамов Г. В., Каплиева Н. А. Студенческие олимпиады по информатике и программированию, проводимые факультетом ПММ ВГУ и посвященные знаменательным датам .....	1210

### Секция 2. ЕГЭ по информатике

Попов В. С., Леляев П. А. Программный и аналитический способы построения и заполнения таблиц истинности логических функций .....	1218
--	------

### Секция 3. Проектная технология обучения на основе ИКТ

Бойко Н. Г. ИКТ в индивидуальных проектах при реализации ООП СОО (социально-экономический профиль) .....	1228
Быкова Л. О., Рыбакина И. А. Электронная книга и лэпбук как продукты проектной деятельности младших школьников.....	1234
Гребенюк Е. Ф. Применение проектной технологии обучения на основе ИКТ при изучении социально-гуманитарных дисциплин..	1238
Орешкина И. А. Создание виртуальных книжных полок для работы над содержанием прочитанного .....	1242
Палагутин А. В., Палагутина М. А., Серповская И. С. Игрофикация обучения иностранному языку как составляющая проектной образовательной технологии.....	1246

Старикова М. Е. Развитие функциональной грамотности обучающихся на уроках математики через применение ИКТ ..... 1256

#### **Секция 4. Компьютерное моделирование в образовании**

Асланова Г. Н. Применение компьютерного моделирования при решении задачи целочисленного программирования ..... 1261

Денисенко М. А. Компьютерное моделирование в образовательном процессе ..... 1267

Зимарин А. М., Курило Д. Ю., Дорохов Р. А. Виртуальный учебный комплекс радиотехнической системы ближней навигации ..1272

Зимарин А. М., Курило Д. Ю., Дорохов Р. А. Порядок распознавания посадочной конфигурации воздушного судна ..... 1276

Калинина Т. О., Добрикова С. О., Вострикова Т. В. Компьютерное моделирование на уроках математики ..... 1282

Касьянов В. Н., Касьянова Е. В. Модель атрибутированных иерархических графов с портами для визуализации структурированной информации..... 1287

Чиркин Ю. А. Использование компьютерного секундомера-таймера «Собеседник 0.2» при проведении итогового собеседования по русскому языку в 9 классах общеобразовательных школ..... 1297

#### **Секция 5. Электронное обучение и дистанционные образовательные технологии**

Абрамян Г. В. Современные тенденции, риски и информационные угрозы персонализации обучения в условиях цифровизации образования и вирусной пандемии ..... 1302

Амаева Л. А. О возможности интеграции модели стилей обучения Фелдера-Сильвермана с системой электронного обучения. 1312

Беловолова Е. Е., Панова Ю. В. Использование возможностей интерактивной доски в процессе формирования логических универсальных учебных действий в начальной и основной школе .... 1318

Валуйская О. А., Вострикова Т. В., Матющенко В. С. Элементы электронного обучения с использованием графических редакторов ..... 1324

Ивлев А. Н., Терновская О. В., Терновская Е. Ю., Павлов А. С. Контроль успеваемости студентов при реализации образовательных технологий на основе SMART системы графического образования... 1329

Измайлова А. М. Виртуальный помощник как средство обучения в формате дистанционного обучения ..... 1335

Князев М. Н. Способы и техники работы с файлами материалов по русскому языку перед загрузкой на цифровую образовательную платформу «Дневник.ру».....	1340
Копалиани Л. Н. Виртуальные лабораторные и практические работы на уроках математики.....	1345
Кошелева Л. А., Пешкова Е. А. Веб-квест как игровая технология при дистанционной работе со школьниками.....	1349
Лютина Е. В., Лютина Т. В. Применение компьютеров для изучения принципов построения и анализа звуковых интервалов.....	1354
Маркелов В. К., Завьялова О. А. Возможности подготовки обучающихся к решению заданий раздела «Программирование» в основном государственном экзамене по информатике на базе электронного учебного курса.....	1362
Можей Н. П. Контроль усвоения материала по дисциплине «Методы оптимизации» с использованием среды Moodle.....	1370
Навражных В. И. Роль обучения с применением дистанционных образовательных технологий и электронного обучения в социализации и адаптации детей-инвалидов, обучающихся на дому.....	1375
Попов В. С., Видьманов Д. А. Онлайн-редакторы электронных таблиц для подготовки к экзамену по информатике.....	1379
Протасова И. В., Дожев Н. С., Бородин А. В., Зубарева Л. Д., Ряполов С. П., Семенихина А. В., Толстобров А. П. Опыт использования портала «Электронный университет ВГУ» в образовательном процессе.....	1388
Проценко С. И., Крючкова Е. А. Использование сервиса Quizlet как средства реализации практико-ориентированных заданий в школьном курсе информатики.....	1393
Проценко С. И., Салдина М. К. Использование веб-квестов с задачами учебного содержания в практико-ориентированном обучении информатике.....	1400
Проценко С. И., Тюрденева К. С. Онлайн-сервисы как эффективное средство при обучении учащихся системам счисления в основном курсе информатики.....	1407
Саблукова Н. Г., Прокопчик С. В. Дистанционное обучение по физической культуре в техникуме: проблемы и решения.....	1417
Терновская О. В., Ивлев А. Н., Елисеева И. В., Терновская Е. Ю. Активизация познавательной деятельности студентов технического профиля средствами мультимедиа.....	1421



Франчук А. К., Симонов А. В. Применение технологий виртуальной реальности в системе технических средств обучения летного вуза ..... 1426

**Секция 6. Корпоративные учебные центры и образовательные программы: проблемы и перспективы**

Никулин С. А., Кармнов В. Н., Попов Г. А. Применение технологии профессионального обучения и становления выпускников при проведении занятий по тактическим дисциплинам ..... 1435

**Секция 7. Переход на профессиональные стандарты: требования к ИТ-компетенциям**

Бабаева А. В., Борисова А. А. Digital Humanities: возможности и проблемы ..... 1442

Преображенская Т. В., Симонов В. И. Автоматизированное тестирование в среде GitLab CI/CD ..... 1447

Степаненко О. В. Электронное портфолио профессионального развития педагога..... 1452

Научное издание

Информатика: проблемы, методы, технологии

*Материалы*

*XXIII Международной научно-практической конференции*

Воронеж,  
15-17 февраля 2023 г.

Под редакцией *Д. Н. Борисова*

*Издано в авторской редакции*