

# Алгоритмы ранжирования товаров для электронной торговли

М.Г. Матвеев, email: mgmatveev@yandex.ru

В.Г. Сафонов, email: vladislavsf@sc.vsu.ru

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

***Аннотация.** Рассматривается задача ранжирования товаров обращающихся в электронной торговле. Предлагается векторное параметрическое отображение потребительского спроса с использованием модели нечеткой логики. Ранжирование осуществляется на основе оценки покомпонентных локальных соответствий свойств товара заданному спросу. Полученные соответствия агрегируются с использования оператора OWA и нечетких логических кванторов. Рассматривается численный пример ранжирования.*

***Ключевые слова:** электронная торговля, нечеткие предикаты, нечеткие кванторы, операторы агрегирования.*

## **Введение и постановка задачи**

При анализе и синтезе социально-экономических систем значительную роль играет обоснованный выбор активными элементами системы таких системных компонент и характеристик, которые формируют состояние системы, эффективное, с точки зрения активного элемента, принимающего решение [1]. В частности, в электронной коммерции (электронные торговые площадки, интернет-магазины) важную роль играют фильтры, задающие границы потребительских свойств товаров и обеспечивающие покупателю сужение полной совокупности товаров до существенно меньшей группы альтернативных товаров [2]. Фильтр представляет собой компьютерную программу, которая, обращаясь к базе данных располагаемой совокупности товаров, представленной в виде модели EAV, на основе логических операций проверяет - какие сущности удовлетворяют условиям фильтра. Модель "сущность-атрибут-значение" (EAV), это модель данных для кодирования пространственно-эффективным способом сущностей, где число атрибутов (свойств, параметров), которые могут быть использованы для их описания, потенциально велико, но число, которое

фактически будет применяться к данной сущности, относительно небольшое.

Однако представленный классический подход к формированию фильтров уже не может в полной мере удовлетворять запросам покупателей [3], поскольку обладает рядом недостатков, из которых следует отметить следующие. Прежде всего фильтрация на основе бинарной логики не в состоянии обеспечить ранжирование множества альтернатив с противоречивыми векторными характеристиками; требуется решение нетривиальной задачи векторной оптимизации. Кроме того, используемая бинарная логика не обладает достаточной выразительностью при описании желаемых покупательских потребностей [4,5]. Подходом, устраняющим указанные недостатки, может служить применение сравнительного покомпонентного анализа соответствия (матчинга) покупательского спроса и предлагаемых товаров на основе бесконечнозначной (нечеткой) логики и использование операторов агрегирования полученного покомпонентного соответствия [6]. В этом случае бесконечнозначная логика обеспечивает требуемую выразительность покупательского спроса и гарантирует расположение представленных товаров на ранговой шкале. Статья посвящена описанию основных алгоритмов применения логики нечетких высказываний и предикатов для ранжирования типов однородного товара на рынке электронной торговли.

## **1. Алгоритмы оценки соответствия товаров потребительскому спросу**

Разработка моделей покупательского спроса требует введения на рынке электронной коммерции единого товарного каталога. Такое требование не является уникальным. Унификация товарного каталога сегодня рассматривается как национальная задача, [7]. Мы предполагаем, что для каждого однородного товара в рамках единого каталога существует свой вид модели EAV, в векторной форме.

Пусть имеется некоторый однородный товар, представленный совокупностью своих взаимозаменяемых типов, различающихся значениями характеристических параметров (атрибутов) данного товара. Описание каждого  $j$ -го образца (типа) товара,  $j = 1; 2; \dots; J$  будем представлять значениями характеристических параметров, описывающих коммерческие, технические и другие возможные свойства товара. Эти параметры удобно представлять соответствующим вектором:

$$q_j = (q_j^1; \dots; q_j^n; \dots; q_j^N) \quad (1)$$

каждая  $n$ -я компонента которого принимает значения  $x$  либо на количественной, либо на качественной шкале.

Будем считать, что каждый  $k$ -й покупатель,  $k = 1; 2; \dots; K$  хочет приобрести однородный товар с желаемыми значениями характеристических параметров. Вполне естественно, что желания покупателя будут носить расплывчатый характер. В этом случае покупатель имеет возможность выбора, который обуславливается взаимозаменяемостью типов однородного товара. Для этого покупателю необходимо формализовать свои желания и возможности в виде вектора спроса с «обезличенными», нечеткими характеристиками однородного товара:

$$\tilde{g}_k = (\tilde{g}_k^1; \dots; \tilde{g}_k^n; \dots; \tilde{g}_k^N) \quad (2)$$

Векторные компоненты здесь - суть лингвистические переменные с именами, совпадающими с именами соответствующих характеристических параметров описания типа однородного товара. Каждая переменная имеет кусочно-линейные функции принадлежности  $f_g(x)$ , носители которых -  $x_{\min} \leq x \leq x_{\max}$  отражают возможности выбора потребителя, а значения функции – уровень его предпочтения (желания). Для дискретных значений носителя функция принадлежности будет иметь табличный вид. Нечеткие характеристические параметры формируют модель индивидуального покупательского спроса.

Пусть каждый  $i$ -й продавец,  $i = 1; 2; \dots; I$ , зашедший на ЭТП, формирует свои предложения по  $j$ -му типу однородного товара в виде вектора:

$$q_{ij} = (q_{ij}^1; \dots; q_{ij}^n; \dots; q_{ij}^N) \quad (3)$$

с четкими значениями характеристических параметров, структурно идентичного вектору спроса. В общем случае предложение представлено некоторой совокупностью векторов  $q_{ij}$ ,  $j = 1, 2, \dots, J_i$ .

Оценка локальных (покомпонентных) соответствий товаров индивидуальному покупательскому спросу выполняется подстановкой значений компонент вектора (3) в функции принадлежности компонент вектора (2). Полученное значение функции принадлежности рассматривается как локальное соответствие предложение и спроса по указанной компоненте.

Для получения обобщенного соответствия необходимо агрегировать локальные соответствия при помощи того или иного

оператора агрегирования [8]. Под агрегированием будем понимать переход от векторной оценки размерности  $n$  к скалярной величине

$$agr : \bigcup_{n=1}^N [0;1]^n \rightarrow [0;1] \quad (4)$$

Наиболее общий подход к агрегированию информации заключается в аксиоматическом определении оператора агрегирования. При этом можно выделить три основные стратегии [9]: конъюнктивный (обобщенная оценка не может быть лучше самой плохой из локальных оценок); дизъюнктивной (обобщенная оценка определяется лучшей из локальных оценок) и компромиссная (обобщенная оценка занимает промежуточное положение между значениями локальных оценок, участвующих в агрегировании).

Будем рассматривать класс средних, удовлетворяющих условию [10]

$$agr(x_1; x_2; \dots; x_n) \in [\min(x_1; x_2; \dots; x_n); \max(x_1; x_2; \dots; x_n)] \quad (5)$$

Особенностью средних является наличие весов  $w = (w_1; w_2; \dots; w_n)$  с помощью которых учитывается «вклад» каждой частной оценки в обобщенную оценку, при этом вес отражает значимость соответствующего источника информации (критерия, показателя, атрибута). В случаях, когда первичной является важность значений частных оценок, применяются порядковые операторы взвешенного агрегирования [11] – OWA-операторы, которые агрегируют компоненты векторной оценки, упорядоченные определенным образом:

$$OWA(x_1; x_2; \dots; x_n) = \sum_{j=1}^n w_j x_{\sigma(j)}, \quad (6)$$

где  $\sigma$  – индекс упорядочивания по уровню элементов  $x_{\sigma(1)} \leq x_{\sigma(2)} \leq \dots \leq x_{\sigma(n)}$ .

Допустим, что все критерии имеют с точки зрения потребителя одинаковую важность. Тогда правило задания весов можно определить следующим выражением

$$w_j = \mathcal{Q}\left(\frac{j}{n}\right) - \mathcal{Q}\left(\frac{j-1}{n}\right) \quad (7)$$

где  $\mathcal{Q}$  – заданный тип нечеткого квантификатора.

Нечеткий квантификатор представляет собой нечеткое высказывание о допустимой форме компромисса между оценками  $x_j$ , отражающее интуитивное представление лица принимающего решение

(ЛПР) о предпочтительности решений [12]. Нечеткое высказывание задается функцией принадлежности  $Q(r) = Q\left(\frac{j}{n}\right)$ , где  $r$  - интерпретируется как доля полученных оценок, для которых выполняется свойство, описанное функцией принадлежности квантификатора. Например, если задан квантификатор  $Q = r$ , который интерпретируется как «для как можно большего числа», то веса для четырех альтернатив будут заданы в соответствии с (7) следующим образом:

$$w_1 = 0,25; w_2 = 0,25; w_3 = 0,25; w_4 = 0,25.$$

То есть, квантификатор  $Q = r$  задает частный случай оператора OWA – среднее арифметическое.

## 2. Численная агрегация алгоритмов оценки соответствия

Пусть покупатель хочет проранжировать два типа однородного товара, характеризующиеся следующими четкими значениями параметров, заданных векторами:  $(q_1^1 = 2; q_2^1 = 25; q_3^1 = 0,8)$  и  $(q_1^2 = 3; q_2^2 = 20; q_3^2 = 0,7)$ . Соответствующие потребности покупателя отображаются нечеткими значениями с функциями принадлежности:  $f_1(q) = 1,5 - 0,25q$ ;  $f_2(q) = 3 - 0,1q$ ;  $f_3(q) = q$ .

Соответствие характеристических параметров типов товара потребностям покупателя вычисляется путем подстановки значений компонент векторов в соответствующие функции принадлежности. В результате векторное соответствие,  $S$  каждого типа товара потребностям можно представить двумя векторами:  $S_1 = (1; 0,5; 0,8)$  и  $S_2 = (0,75; 1; 0,7)$

Для ранжирования товаров, то есть для выяснения, который из них лучше соответствует потребности покупателя, воспользуемся оператором агрегирования OWA с вычислением весов с помощью квантификатора «для большинства», задаваемого следующей функцией

$$\text{принадлежности } Q(r) = \begin{cases} 0, & \text{при } r \leq 0,4; \\ 2,5r - 1, & \text{при } 0,4 < r < 0,8; \\ 1, & \text{при } r \in [0,8; 1]. \end{cases}$$

Упорядоченные вектора соответствий примут вид:

$$S_1 = (0,5; 0,8; 1) \text{ и } S_2 = (0,7; 0,75; 1)$$

Заметим, что вес  $w_j$  связан не с конкретным элементом вектора соответствия, а с его порядком в упорядоченном векторе.

При заданном квантификаторе  $Q(r)$  и в соответствии с (7) веса принимают значения:

$$w_1 = 0; w_2 = 0,65; w_3 = 0,33$$

Тогда агрегированное соответствие типов товаров вычисляется следующим образом:

$$S_1 = QWA(x) = 0 \cdot 0,5 + 0,65 \cdot 0,8 + 0,33 \cdot 1 = 0,85$$

$$S_2 = QWA(x) = 0 \cdot 0,7 + 0,65 \cdot 0,75 + 0,33 \cdot 1 = 0,82$$

Полученный результат говорит о том, что первый тип товара немного предпочтительней второго.

### **Заключение**

Применяемые в настоящее время различные способы фильтрации при организации поиска товаров, удовлетворяющих потребностям покупателей, позволяют выделять из всей совокупности товаров, подмножество товаров с векторными характеристиками, удовлетворяющими условиям фильтрации. Полученное подмножество содержит товары с допустимыми характеристиками, но отсутствует возможность их сравнения. Предложенный подход существенно расширяет возможности поиска. Он позволяет уточнять предпочтения покупателя, формализуя их в виде лингвистических переменных, что обеспечивает числовое представление соответствий по отдельным характеристическим параметрам товаров. Дальнейшее агрегирование локальных соответствий в глобальные, позволяет ранжировать допустимое подмножество товаров, полученное в результате фильтрации, обеспечивая покупателю поддержку принятия решений при выборе товара.

### **Литература**

1. Айзерман, М. А. Выбор вариантов: основы теории. / М. А. Айзерман, Ф. Т. Алескеров – М.: Наука, 1990. – 240 с.
2. E-Katalog - каталог товаров, сравнение цен в интернет-магазинах России [Электронный ресурс]: каталог товаров. – Режим доступа: <https://www.e-katalog.ru/>
3. Поиск по каталогу: какими должны быть фильтры и сортировка каталога товаров [Электронный ресурс]: информационная статья. – Режим доступа <https://1ps.ru/blog/dirs/2018/kakimi-dolznyi-byit-filtry-i-sortirovka-kataloga-tovarov/>

4. Будяков, А. Н. Решение задачи выбора ресурсов и их поставщиков в условиях противоречивости технических и коммерческих требований / А. Н. Будяков, К. Г. Гетманова, М. Г. Матвеев // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. Системный анализ и информационные технологии. – 2017. – №. 2. – С. 66-71.
5. Matveev, M. Models of Centralized Equipment Procurement Based on Supplier-Consumer Matching / M. Matveev, S. Podvalny. // 2019 1st International Conference on Control Systems, Mathematical Modelling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA). – IEEE.– 2019. – P. 151-154.
6. Matveev, M. Automated Service for Product Offer Creation on the E-Trading Platform with Marketplace Technology / M. Matveev, S. Podvalny, Y. Yadgarova // 2020 2nd International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA). - IEEE. – 2020. – P. 672-676.
7. Национальный Каталог | национальный-каталог.рф [Электронный ресурс]: база данных. – Режим доступа :национальный-каталог.рф
8. Detyniecki, M. Mathematical aggregation operators and their application to video querying. / M. Detyniecki PhD dissertation. Docteur de l'Universite. // – Paris, 2000. – 185 p
9. Леденева, Т. М. Агрегирование информации в оценочных системах. / Т. М. Леденева, С. Л. Подвальный // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. Системный анализ и информационные технологии. – 2016. – №. 4. – С. 155-164.
10. Джини, К. Средние величины / К. Джини. – М.: Статистика, 1970. – 448 с.
11. Yager, R. R. Quantifier guided aggregation using OWA operators, International Journal of Intelligent Systems, 11 (1996), pp. 49–73.
12. Аверченков, В. И. Представление и обработка нечеткой информации в многокритериальных моделях принятия решений. / В. И. Аверченков, А. В. Лагерева, А. Г. Подвесовский // Вестник Брянского технического университета, 2012, №2 (34), С.97-104