

# 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, фреймворковые модели, 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.

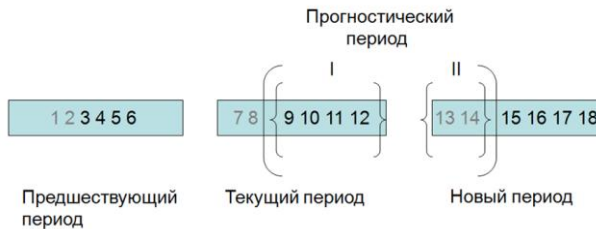


Рисунок. Периоды прогноза

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. Л.: Гидрометеоиздат, 1960. 270 с.
3. Баранов А.М. Авиационная метеорология. С-Пб.: Гидрометеоиздат, 1993. 285 с.
4. Воробьев В.И. Синоптическая метеорология. Л.: Гидрометеоиздат, 1991. 604 с.
5. Матвеев Л.Т. Физика атмосферы. СПб: Л.: Гидрометеоиздат, 2000. 778 с.