

УДК 311:681.3.06

*Л.А. Хворова, Н.В. Гавриловская***Разработка алгоритма определения года-аналога для оценки урожайности зерновых культур в условиях Алтайского края**

Вопросы, связанные с проблемой компьютерного моделирования производственного процесса в антропогенных экосистемах – агроэкосистемах – в течение последних 30 лет интенсивно развиваются в отечественной и западной литературе [1]. Настоящая статья подводит итоги шестилетних исследований, выполненных авторами в лаборатории математического моделирования кафедры ТКПМ математического факультета [2–8]. Исследования состояли из двух этапов. На первом этапе рассматривались основы теории моделирования процессов, происходящих в агроэкосистеме: в почве, растительном покрове и приземном воздухе, выбиралась структура и функции модели, программно реализованной в рамках имитационной системы EPIC. В процессе исследований в той или иной мере были изучены все вопросы, возникающие при исследовании агроэкосистем средствами моделирования, – от радиационного режима до формирования конечного урожая и использования модели как законченного программного продукта [4–8].

На втором этапе встала проблема осуществления заблаговременного прогноза и оценки урожайности зерновых культур. В настоящее время заблаговременность прогноза метеорологических условий агрометеослужбами не превышает одного месяца, что в сложившихся условиях формирования рынка зерна является сдерживающим фактором. Для выработки стратегий на рынке зерна необходим прогноз урожайности и валовых сборов основных сельскохозяйственных культур еще до начала вегетационного периода. Поэтому актуальной является проблема специальными математическими методами и моделями установить количественные зависимости формирования урожая от агрометеорологических факторов.

В ходе решения данной проблемы был определен комплекс математических методов и моделей, а также последовательность обработки имеющейся агрометеорологической информации для следующих задач: 1) определение года-аналога; 2) получение прогнозной оценки урожайности яровой пшеницы. Данный комплекс включает в себя: определение значимости фак-

торов, влияющих на урожайность зерновых культур, и установление причинно-следственных связей между факторами; формирование групп (кластеров) по схожим признакам по имеющимся данным; вычисление недостающих необходимых данных для определения года – аналога, прямые и фактические измерения которых недоступны (в частности, числа Вольфа, характеризующего солнечную активность); осуществление прогноза урожайности яровой пшеницы по имеющимся моделям и оценка точности результатов.

Цель поиска года-аналога состоит в том, чтобы на основе различных характеристик объекта классифицировать его, т. е. отнести к одной из нескольких групп (классов) некоторым оптимальным способом. Под оптимальным способом можно понимать либо минимум математического ожидания потерь, либо минимум вероятности ложной классификации.

В результате разработки алгоритма поиска года-аналога вся процедура была разбита на два этапа. На первом этапе формировался комплекс математических методов и моделей, а также последовательность обработки имеющейся агрометеорологической информации. На втором этапе, используя результаты первичной обработки данных и проведения необходимых предварительных расчетов, обрабатывались варианты процедуры поиска года-аналога.

Определение года-аналога проводилось по следующему алгоритму.

1. Обработка экспериментальных данных однофакторным дисперсионным анализом для установления причинно-следственных связей.

2. Первичная обработка данных (в частности, стандартизация исходных данных).

3. Процедура кластеризации и выбор лучшей группировки.

4. Определение диапазонов изменения параметров и проверка результатов кластеризации в дискриминантном анализе в случае, если есть пересечение кластеров. Проведение корректировки кластеризации по априорным вероятностям и расстояниям Махаланобиса.

5. Вычисление недостающих необходимых данных, прямые и фактические измерения которых недоступны.

6. Привлечение эксперта. Эксперт по определенному набору данных (фактических и расчетных) предварительно определяет годы-аналоги и устанавливает диапазоны изменения урожайности. Из имеющихся данных по годам (попавших в один кластер и претендующих на год-аналог) выбирается наиболее «близкий» год (по определенным признакам), и уже из данных этого года выбирают необходимые параметры для предварительного прогноза урожайности ранней весной (в частности, сумму осадков за вегетационный период и количество дней с осадками).

7. Прогноз сумм эффективных температур по тригонометрическому тренду и нелинейной модели [3].

8. Предварительный прогноз ожидаемой урожайности по эмпирической модели и по динамико-статистическому методу.

9. Определение по заключению эксперта сценария прогнозного года, уточнение прогнозной оценки урожайности по динамической модели продуктивности сельскохозяйственных культур ЕРИС.

10. Уточняющий прогноз весной при переходе среднесуточной температуры через 10 °С.

11. Расчет теплообеспеченности вегетационного периода текущего года по линейной (по Ф.Ф. Давитаю), тригонометрической и нелинейной моделям.

12. Повторная кластеризация с имеющимися данными прогнозного года.

13. Создание сценария текущего года и окончательный прогноз по ежесуточным данным уточненного года-аналога по динамической модели продуктивности сельскохозяйственных культур ЕРИС.

Описанный алгоритм определения года-аналога основан на априорных представлениях и на использовании литературных материалов. Поэтому многие входящие в алгоритм зависимости были не раскрыты, многие коэффициенты не имели численных значений. Кроме того, сам алгоритм не идентифицирован в широком смысле слова, т.е. не ясно, может ли предложенный алгоритм вообще давать правдоподобные результаты. Идентификация алгоритма как в широком, так и в узком смысле слова произведена на основе агрометеорологических данных по Алтайскому краю, представленных следующими агроклиматическими показателями: суммой эффективных температур за вегетационный период – 3 варианта расчета показателя; суммой осадков за вегетационный период – 3 варианта расчета показателя; количеством дней с осадками – 3 варианта расчета; суммой осадков за зимний, весенний и осенний периоды, урожайностью пшеницы.

База агрометеорологических данных, необходимых для прогноза и оценки урожайности по всей территории Алтайского края, содержит информацию с 1928 по 2004 г. В качестве объекта исследования был взят 1996 г. Для него реализована процедура поиска года-аналога, проведен анализ всех возможных вариантов и составлен прогноз урожайности (считалось, что погодный сценарий данного года неизвестен).

Таким образом, идентификация алгоритма года-аналога в широком смысле была осуществлена. Для 1996 г. определен год-аналог 1976 г.

Оценка точности проведенного прогноза рассчитывалась по данным Алтайского центра по гидрометеорологии. Погрешность прогноза составила 10,1%.

Литература

1. Полуэктов Р.А. Модели продукционного процесса сельскохозяйственных культур / Р.А. Полуэктов, Э.И. Смоляр, В.В. Терлеев, А.Г. Топаж. – СПб., 2006.
2. Хворова Л.А. Оценка урожайности зерновых культур с использованием методов многомерного анализа / Л.А. Хворова, В.М. Брыксин // Материалы 7-й краевой конференции по математике. – Барнаул, 2004.
3. Хворова Л.А. Применение информационных технологий, математических методов и моделей для обработки и анализа многомерных данных / Л.А. Хворова, Н.В. Гавриловская, Н.Н. Лопатин // Известия АлтГУ. – 2006. – №1.
4. Хворова Л.А. Результаты исследования и анализ динамических моделей продуктивности агроэкосистем / Л.А. Хворова, В.М. Брыксин, Д.В. Масленников // Материалы III краевой конференции по математике. – Барнаул, 2000.
5. Хворова Л.А. Оценка возможности использования программного комплекса ЕРИС для прогноза урожайности Алтайского края / Л.А. Хворова, В.М. Брыксин, Д.В. Масленников // 4-й Сибирский конгресс

по прикладной математике ИНПРИМ-2000 «Региональные проблемы развития Сибири и Дальнего востока». – Новосибирск, 2000.

6. Хворова Л.А. Система имитационного моделирования агроэкосистем / Л.А. Хворова, В.М. Брыксин, Д.В. Масленников // Вестник алтайской науки «Проблемы агропромышленного комплекса». – Барнаул, 2001. – Т. 1.

7. Хворова Л.А. Возможности использования системы имитационного моделирования агроэкосистем при решении экономических задач региона / Л.А. Хворова, В.М. Брыксин, Д.В. Масленников // Современные проблемы, тенденции и перспективы управления региональными социально-экономическими системами: Материалы международной научно-практической конференции. – Усть-Каменогорск, 2002.

8. Хворова Л.А. Моделирование теплового режима почвы с учетом приходящей длинноволновой радиации / Л.А. Хворова, В.М. Брыксин, Т.С. Скобова // Известия АлтГУ. – 2005. – №1.