

VII. ПРОБЛЕМЫ ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ. БИЗНЕС-ИНФОРМАТИКА

УДК 519.865.5

Vad.A.Drabenko, D.V. Drabenko,
Val.A.Drabenko

ECONOMIC AND METEOROLOGICAL MODELING IN SUPPORTING AGRICUL- TURE IN CONDITIONS OF METEOROLOG- ICAL UNCERTAINTY

In the article, on the basis of linear programming methods, a method for optimizing the use of meteorological information in solving practical problems is considered. A strategy for choosing meteorological information at each stage of the solution is substantiated. On the basis of economic and meteorological modeling, the efficiency of using the approach under consideration in the meteorological provision of agriculture is shown.

Keywords: economic and meteorological modeling, meteorological information, strategies, optimization, objective function.

Вад.А.Драбенко¹, Д.В.Драбенко²,
Вал.А. Драбенко³

ЭКОНОМИКО-МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ОБЕСПЕЧЕНИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА В УСЛОВИЯХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ НЕОПРЕДЕЛЁН- НОСТИ

В статье, на базе методов линейного программирования, рассматривается методика оптимизации использования метеоинформации при решении практических задач. Обоснована стратегия выбора метеоинформации на каждом из этапов решения. На основе экономико-метеорологического моделирования показана эффективность использования рассматриваемого подхода при метеорологическом обеспечении сельского хозяйства.

Ключевые слова: экономико-метеорологическое моделирование, метеоинформация, стратегии, оптимизация, целевая функция.

DOI: 10.36807/2411-7269-2022-4-31-86-88

Необходимость повышения качества функционирования отдельных секторов экономики ставит проблему оптимизации использования метеоинформации [1], [2], [5]. Для её разрешения в настоящее время широко используются методы линейного программирования [3], позволяющие оптимизировать конкретный план деятельности, зависящей от погодных условий. В этом случае решение задачи оптимизации сводится к поиску максимума целевой функции:

$$C = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n \rightarrow \max, \quad (1)$$

заданной на множестве переменных $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, при выполнении условий:

$$\begin{aligned} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n &\leq b_1, \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n &\leq b_2, \\ &\dots \end{aligned} \quad (2)$$

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \leq b_m,$$

где: $\{a_{ij}\}$, $\{c_j\}$ и $\{b_j\}$ – коэффициенты, определяемые спецификой решаемой задачи.

Наличие метеорологической неопределённости приводит к множеству вариантов принятия решений. Данный факт наиболее выражен для поэтапного планирования. В

¹ Драбенко Вад.А., профессор кафедры Мил СПбГУПТД, ВШТЭ, Россия, доктор технических наук, кандидат экономических наук, профессор

Drabenko Vad.A., Professor of the Department of MiL SPbGUPTD, Higher School of Economics, Russia, Doctor of Technical Sciences, PhD in Economics, Professor
E-mail: drabenko@aari.ru, drabenvadim@gmail.com

² Драбенко Д.В., доцент кафедры ИТБиП ГИЭФПТ, Россия, кандидат технических наук

Drabenko D.V., Associate Professor of the Department of ITBiP GIEFPT, Russia, PhD in Technical Sciences

³ Драбенко Вал.А., доцент кафедры НГЭ ФГБОУ ВО "ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова", Россия, кандидат физико-математических наук, доцент

этом случае применение традиционных оптимизационных алгоритмов, в частности модели (1), (2), должного эффекта не даёт. Поэтому получение методики оптимизации использования метеоинформации при поэтапном принятии решений представляет практический интерес. Разработка указанной методики базируется на преобразовании модели (1), (2):

$$C_k = c_1 x_{1k} + c_2 x_{2k} + \dots + c_n x_{nk} \rightarrow ax, \quad (3)$$

при условиях:

$$a_{11k}x_{1k} + a_{12k}x_{2k} + \dots + a_{1nk}x_{nk} \leq b_1,$$

$$a_{21k}x_{1k} + a_{22k}x_{2k} + \dots + a_{2nk}x_{nk} \leq b_2,$$

...

$$a_{m1k}x_{1k} + a_{m2k}x_{2k} + \dots + a_{mnk}x_{nk} \leq b_m. \quad (4)$$

Указанное преобразование даёт возможность оценки потенциальных значений целевой функции в соответствии с выбранной стратегией, под которой понимается строго определённый порядок получения и использования различных видов метеоинформации на каждом из этапов. В модели (3), (4) k -й стратегии соответствуют коэффициенты $\{a_{ijk}\}$ и переменные $\{x_{ik}\}$, имеющие индекс k . Оптимальная из этих стратегий определяется по максимуму из экстремальных значений целевой функции (3).

Повышение качества метеорологического обеспечения за счёт усовершенствования методики использования метеоинформации можно оценить путём привлечения показателей, характеризующих приращение эффективности каждой из рассматриваемых стратегий относительно традиционного порядка использования метеоинформации и стратегии, подразумевающей использование идеальных прогнозов погоды [2], [5]. В формализованном виде, при решении оптимизационной задачи на максимум, данные показатели предлагается определять с помощью соотношений:

$$\lambda_k = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{C_{ki} - C_i}{C_i}, \quad k = \dots, K \quad (5)$$

$$\omega_k = \frac{1}{n} \quad (6)$$

где: n – объём выборки; K – количество стратегий применения метеоинформации; C_{ki} – значение целевой функции при i -й реализации k -й стратегии; C_i – значение целевой функции при i -й реализации традиционно применяемой стратегии; C_{ui} – значение целевой функции при i -й реализации применения идеальной стратегии.

Величина λ_k позволяет судить о том, в какой степени привлечение k -й стратегии использования метеоинформации способствует повышению (понижению) результативности принимаемых решений относительно традиционной стратегии. Очевидно, что в общем случае величина λ_k может меняться в пределах от $-\infty$ до $+\infty$. В реальных же условиях многократного изменения значений целевой функции, связанного с изменением качества метеорологического обеспечения, не происходит. Поэтому значения показателя λ_k обычно находятся в пределах от -1 до $+1$. Показатель ω_k теоретически лежит в пределах от $-\infty$ до $+1$. На практике же, по вышеизложенным причинам, значения его изменяются от -1 до $+1$. Он показывает, какое место, с точки зрения своей полезности, занимает исследуемая стратегия по отношению к стратегии традиционной и к стратегии, подразумевающей использование идеальной метеорологической информации.

Итак, основное содержание предлагаемой методики оптимального использования метеоинформации при поэтапном принятии решений сводится к следующему. С помощью модели (3), (4) по множеству стратегий использования метеоинформации разрабатывается множество вариантов плана деятельности. В качестве оптимального выбирается план, обеспечивающий максимум экстремумов целевой функции, полученных для каждой из K стратегий. С учётом использования уточнённой метеоинформации на каждом последующем этапе осуществляется корректировка плана, составленного ранее. На основе анализа численных значений показателей λ_k и ω_k , рассчитанных по соотношениям (5), (6), делается вывод об эффективности применяемых стратегий и перспективах её увеличения.

Предложенная методика позволяет с учётом влияния погодных условий разработать рекомендации по оптимальному принятию решений на каждом этапе обеспечиваемой деятельности и корректировке соответствующего плана на базе использования уточнённой метеоинформации. Её применение обеспечивает повышение качества решения прогнозных задач конкретных секторов экономики.

Апробация разработанной методики осуществлена на примере метеорологического обеспечения решения задачи определения (прогнозирования) оптимальной структуры посевных площадей [4]. При этом выделено несколько этапов, связанных с различными

сроками сева сельскохозяйственных культур. В качестве показателя, характеризующего влияние погодных условий, была принята урожайность сельскохозяйственных культур.

При реализации вышеизложенной методики за критерий эффективности принят максимум чистого дохода D , представленный аналитически целевой функцией вида:

$$D = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (c_i - c'_{ij}) x_{ij} \rightarrow \max,$$

при ограничениях:

1) по площади посева для j -го района

$$\sum_{i=1}^n a_{ij} x_{ij} \leq S_j, \quad j = 1, \dots, m,$$

2) по затратам ресурсов l -го вида

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m d_{lij} x_{ij} \leq b_l, \quad l = 1, \dots, L,$$

3) неотрицательности переменных

$$x_{ij} \geq 0, \quad i = 1, \dots, n; \quad j = 1, \dots, m,$$

где: m – количество рассматриваемых районов; n – число предполагаемых посевных культур; S_j – общая посевная площадь j -го района; a_{ij} – величина, обратная урожайности i -й культуры в j -м районе; d_{lij} – норма затрат ресурсов l -го вида в j -м районе на производство i -й культуры; b_l – объём ресурсов l -го вида; L – количество используемых ресурсов; c_i – цена единицы i -й культуры; c'_{ij} – затраты на производство единицы i -й культуры в j -м районе; x_{ij} – объём производства i -й культуры в j -м районе.

Анализ численных значений показателей λ и ω показывает, что улучшение методики использования метеоинформации существенно влияет на повышение экономической эффективности хозяйственной деятельности. Так, принятие решений на основе оптимальной стратегии повышает доход на 10-15% и уменьшает потери, связанные с использованием неидеальных прогнозов на 30-40%.

Таким образом, применение разработанной методики в практике агрометеорологического обеспечения позволяет существенно повысить эффективность решения сельскохозяйственных задач, в частности – задачи определения (прогнозирования) оптимальной структуры посевных площадей.

Список использованных источников

1. Волконский Н.Ю., Волконский Ю.Н. Оптимальная организация специализированного обеспечения прогнозами. – Метеорология и гидрология. – 1985. – № 12. – С. 12-19.
2. Жуковский Е.Е. Метеорологическая информация и экономические решения. – Л.: Гидрометеоздат, 1981. – 303 с.
3. Табак Д., Куо Б. Оптимальное управление и математическое программирование. – М.: Издательство Наука, 1975. – 279 с.
4. Федосеев А.П. Агротехника и погода. – Л.: Гидрометеоздат, 1979. – 485 с.
5. Хандожко Л.А. Практикум по экономике гидрометеорологического обеспечения народного хозяйства. – СПб.: Гидрометеоздат, 1993. – 312 с.