

РОЛЬ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ В СОВРЕМЕННОМ СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

THE ROLE OF MATHEMATICAL MODELS IN MODERN AGRICULTURE

V. Cherepenin
V. Serkezyuk
S. Vorobyov

Summary. This publication provides a comprehensive analysis of research works focused on the application of mathematical modeling in the field of agricultural economics. Highlighting parallel trends in the development of mathematical methods in economic sciences, the authors concentrate on the accelerated integration and progress of mathematical strategies, including analytical approaches and probability theory, in the agro-cultural sector. The article thoroughly examines relevant cases of using mathematical modeling, emphasizing its role in improving the management of production processes and enhancing productivity in the agricultural sector.

Keywords: mathematical modeling, optimization, optimality criteria, composition of variables, selection of parameters, solution search.

Черепенин Валентин Анатольевич

Аспирант, Южно-Российский государственный
политехнический университет имени М.И. Платова
cherept2@gmail.com

Серкезюк Виктор Русланович

Аспирант, Южно-Российский государственный
политехнический университет имени М.И. Платова
jakxid@gmail.com

Воробьев Сергей Петрович

Кандидат технических наук, доцент, Южно-Российский
государственный политехнический университет имени
М.И. Платова
vsp1999@yandex.ru

Аннотация. Эта публикация освещает всесторонний анализ исследовательских работ, ориентированных на применение математического моделирования в сфере аграрной экономики. Освещая параллельные тенденции в развитии математических методов в экономических науках, авторы фокусируются на ускоренной интеграции и прогрессе математических стратегий, включая аналитический подход и теорию вероятностей, в агрокультурной отрасли. Статья подробно рассматривает релевантные случаи использования математического моделирования, подчеркивая его роль в улучшении управления производственными процессами и повышении продуктивности в аграрном секторе.

Ключевые слова: математическое моделирование, оптимизация, критерии оптимальности, состав переменных, подбор параметров, поиск решения.

Аграрный сектор представляет собой многоаспектную экономическую сеть, в которой происходит взаимодействие между биологическими, техническими, управленческими и финансовыми элементами, способствующими углубленному развитию аграрной отрасли. В этой системе агробизнес тесно связан с аграрной деятельностью. Основная задача аграрных предприятий — обеспечивать непрерывный рост выпуска сельскохозяйственной продукции, стабильное снабжение населения продовольствием и аграрными ресурсами. Кроме того, важным аспектом является синергия различных отраслей для достижения значительных успехов в рамках Национальной продовольственной программы.

Моделирование в аграрной сфере охватывает широкий спектр объектов: от сельскохозяйственных компаний до индивидуальных фермерских хозяйств, экономических регионов, специализированных зон и внутренних процессов предприятий [1]. В экономическом контексте сельского хозяйства наблюдается сложная сеть взаимодействий, анализ которых может привести к разработке комплексных и технически сложных моделей. При этом

критически важно выделить ключевые факторы, оказывающие основное влияние на производственные циклы, минимизируя количество второстепенных элементов.

Аграрный сектор функционирует как вероятностная динамическая система с многочисленными входами и выходами. Она взаимодействует с окружающей средой, которая включает в себя социальные и технологические системы, а также природные комплексы [2]. Для более точного моделирования сельскохозяйственных процессов необходимо учитывать этот многоуровневый обмен.

Сельское хозяйство, несмотря на схожесть с крупными техническими системами, имеет уникальные черты, которые выделяют его из этой категории. Это развивающаяся отрасль, отличающаяся своим социально-экономическим аспектом, средствами и условиями производства [3]. При математическом моделировании экономического развития сельскохозяйственной сферы, важно учитывать эти уникальные особенности для адекватного отражения сложных взаимодействий, характерных для этой отрасли.

Применение математических алгоритмов в аграрной отрасли сталкивается с уникальными вызовами, отличными от тех, что встречаются в промышленности. В агро-секторе, из-за его мультидисциплинарной природы, требуется анализ обширного набора переменных, каждая из которых вносит значительную сложность в систему ограничений [4, 5]. Это обстоятельство ведет к формированию сложных моделей с высокими требованиями к вычислительным ресурсам. Особенностью сельского хозяйства является нелинейность количественных отношений и значительный разброс параметров, что усиливает сложность математического моделирования. К тому же, недостаток стандартизированных данных в аграрном секторе ограничивает применение экономико-математических анализов.

Тем не менее, многие эксперты в области экономики видят в аграрном секторе значительный потенциал для применения линейного программирования. Это связано с тем, что множество экономических задач в аграрной отрасли, направленных на эффективное распределение ресурсов, соответствуют моделям линейного программирования [6]. Аспекты, такие как сезонность и строгая последовательность агротехнических операций, могут быть интегрированы в соответствующие линейные модели.

Следовательно, для оптимального функционирования аграрного сектора необходимо применять теоретические принципы, разработанные для общей экономической оптимизации, адаптируя их к уникальным характеристикам сельского хозяйства.

Моделирование является процессом формирования абстрактного представления объектов с целью аналитического изучения их характеристик и поведения [7]. Это ценный инструмент научного абстрагирования, способствующий выделению основных атрибутов исследуемого объекта. В частности, математические модели представляют собой универсальные инструменты для исследования внутренних закономерностей различных процессов и явлений, позволяя анализировать количественные отношения и оптимизировать работу систем.

Компьютерное моделирование осуществляется независимо от специфических факторов, таких как структура организации, транспортировка или сезонные изменения. Этот процесс продолжается до тех пор, пока не будут достигнуты объективные и практически обоснованные результаты. Имеются также стандартные модели, которые проходят экспериментальное тестирование и демонстрируют высокую эффективность [8]. В сельском хозяйстве такие модели фокусируются на оптимизации структуры хозяйства, объеме посевных площадей, эффективном использовании земельных ресурсов, применении удобрений и мелиоративных мер, а также

на координации и специализации различных секторов агропроизводства. Если существующие модели не способны решить определенную экономическую задачу, разрабатываются новые, уникальные модели, которые подвергаются всесторонней проверке и апробации перед их практическим применением [9].

Структура моделей в зависимости от объектов и процессов, подвергаемых моделированию, может значительно различаться [10-12]. Однако существуют универсальные компоненты моделирования, включающие:

1. Исходные данные о ресурсах: Они представляют начальную информацию о доступных ресурсах, используемых в модели.
2. Динамические переменные: Это параметры, чьи значения эволюционируют в процессе моделирования.
3. Техничко-экономические показатели и нормативы: Эти элементы отражают связи между ресурсами и результатами, выведенными из модели.
4. Ограничения: Описывают структуру и логику взаимосвязей в модели, а также ограничения, которые необходимо учитывать.
5. Критерий эффективности: Определяет качество работы системы и служит для выбора оптимальных решений.

Для моделей с числовыми характеристиками требуется специфическая информация, включая стандартные данные [13]. Например, при создании экономико-математических моделей для оптимального распределения земельных ресурсов применяются отраслевые и макроэкономические нормативы, адаптированные к условиям большей части аграрного сектора в данном регионе. Учитываются различия в нормативах для разных типов почв, например, черноземных и серых лесных [14].

При разработке оптимизационных моделей используются такие методы, как:

1. Интеграция требований севооборота и агротехнической целесообразности в стратегии оптимизации посевных площадей.
2. Связь планируемой структуры посевных площадей с рекомендованной схемой чередования культур при оптимизации комбинаций отраслей сельского хозяйства.
3. Выбор наилучшей схемы чередования сельского хозяйства.
4. Размещение пунктов переработки разных видов севооборота, учитывая качественные характеристики почвы.

Принимая во внимание эти методы, моделирование в сельском хозяйстве не ограничивается статическими параметрами, а включает динамическое взаимодействие между различными компонентами системы [15].

Это позволяет не только оптимизировать текущие процессы, но и адаптировать стратегии для улучшения долгосрочной устойчивости и производительности.

В дополнение к вышеупомянутым аспектам, моделирование в агросекторе включает анализ структурных изменений и идентификацию потенциальных направлений развития предприятий. Оно позволяет выявить неиспользуемые ресурсы, определить наиболее эффективные способы их использования, оптимизировать производство кормов, структуру посевных площадей и улучшить общую эффективность отраслевых систем. Таким образом, применение продвинутых методов моделирования в сельском хозяйстве становится ключевым фактором в повышении его продуктивности и адаптации к изменяющимся условиям.

Экономическая модель, применяемая в аграрной сфере, должна точно и комплексно отображать ключевые взаимосвязи и элементы рассматриваемой сельскохозяйственной отрасли. Например, в оптимизационной модели для использования удобрений может быть представлен следующий элемент:

$$F = \sum_{k=1}^n x_k^i y_k (c_k - v_k) - \sum_{k=1}^n z_k^i x_k^i \rightarrow \max, \quad i = \overline{1, m}$$

где n — количество культур; m — количество видов удобрений; x_k^i — площадь k -ой культуры, на которой вносится i -ый вид удобрения; y_k — планируемая прибавка урожайности с 1 га k -ой культуры за счет внесения комплекса удобрений; c_k — стоимость 1 ц продукции k -ой культуры; v — затраты на уборку и транспортировку 1 ц k -ой продукции; z_k^i — затраты на приобретение, транспортировку и внесение i -ого вида удобрения, под k -ую культуру на 1 га.

Основными ограничивающими факторами являются расходы, связанные с использованием удобрений:

$$\sum_{k=1}^n z_k^i x_k^i w_k^i = Z, \quad i = \overline{1, m}$$

где w_k^i — норма внесения i -ого вида удобрения под k -ую культуру; Z — общая сумма затрат на приобретение, транспортировку и внесение удобрений.

— баланс удобрений:

$$\sum_{k=1}^n w_k^i x_k^i \leq Y_i, \quad i = \overline{1, m}$$

где Y_i — общий объем имеющихся в наличии удобрений i -ого вида;

— удобряемая площадь культур:

$$\sum_k x_k^i \leq S_k, \quad i = \overline{1, m}$$

где S_k — общая площадь под k -ой культурой;

— баланс питательных веществ:

$$\sum_k \beta_k^{ij} x_k^i \leq D_k^j, \quad i = \overline{1, m}, \quad j = \overline{1, 3}$$

где β_k^{ij} — норма внесения i -ого удобрения на k площадь в кг.д.в.; j — группа удобрений (азотные, фосфорные, калийные); D_k^j — максимальный объем внесения удобрений j -ой группы под k -ую культуру;

— баланс площадей (площадь, удобряемая азотными, фосфорными и калийными удобрениями, должна быть равна, т.е. внесение удобрений для получения планируемой урожайности должно быть комплексным):

$$\sum_{i=1}^p x_k^i = \sum_{i=1+p}^s x_k^i = \sum_{i=1+s}^m x_k^i, \quad k = \overline{1, n}$$

где p — количество азотных удобрений; s — количество фосфорных удобрений; $(m-s)$ — количество калийных удобрений;

— неотрицательности переменных:

$$x_k^i \geq 0, \quad k = \overline{1, n}, \quad i = \overline{1, m}$$

Не всегда необходимо разрабатывать собственные экономико-математические методы для решения каждой экономической проблемы. В арсенале математики имеются универсальные подходы, способные охватить общие аспекты экономического прогресса. Большинство специфических заданий могут быть эффективно решены с использованием уже известных инструментов, таких как линейное программирование, теория очередей и другие установленные методологии. Применение математического анализа значительно повышает качество управленческих решений, хотя это не единственный путь. В то же время, усилия по увеличению производственной эффективности часто ведут к росту прибыли и оптимизации бизнес-процессов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сергеев Д.А. Энтропийные параметры структурных параметров систем. // Наука, техника и образование. 2016. № 3.
2. Воробьев С.П., Горобец В.В. Исследование модели транзакционной системы с репликацией фрагментов базы данных, построенной по принципам облачной среды // Инженерный вестник Дона. — 2012. — № 4.
3. Bren d'Amour C, Reitsma F, Baiocchi G, Barthel S, Güneralp B, Erb K-H. Future urban land expansion and implications for global croplands. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2016;114(34).
4. Vyckova SM, Zhidkova EA, Andreeva OO. Innovative controlling technologies. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2019;49(3).
5. Коломейченко А.С. Повышение экономической эффективности использования сельскохозяйственных земель на основе оптимизации применения удобрений // Наука и Мир, 2015. № 8.
6. Jones Z., Taft K., Sidhu S. The state of food security and nutrition in the world. Building climate resilience for food security and nutrition. Rome: Food and Agriculture Organization; 2018.
7. Al-Doghman F., Chaczko Z., Ajayan A.R., Klempous R. A review on Fog Computing Technology // Conference Proceedings of 2016 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, SMC 2016 (Budapest, Hungary, October, 9–12, 2017). Institute of Electrical and Electronics.
8. Черепенин В.А., Воробьев С.П., Серкезюк В.Р. Реализация моделей нейронных сетей для прогнозирования показателей в умной теплице // Инженерный вестник Дона. — 2024. — №1.
9. Коломейченко А.С. Экономико-математическая модель структуры сельскохозяйственных угодий с учетом экологической составляющей // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук, 2014. — №2-1.
10. Alexandratos N, Bruinsma J. World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision. Rome: Food and Agriculture Organization; 2012.
11. Powell C.H. How AP Automation Helps Healthcare Organizations Get Ahead // Supply & Demand Chain Executive, 2022
12. Brown M. S. Robotic Process Automation for Procurement // Supply & Demand Chain Executive, 2021
13. Liu S., Ye H., Jin K. CT-UNet: Context-Transfer-UNet for Building Segmentation in Remote Sensing Images // Neural Process Lett, 2021, № 53.
14. Kline D.M., Berardi V.L. Revisiting squared-error and cross-entropy functions for training neural network classifiers // Neural Comput and Applic, 2005, № 14.
15. Feilmayr C., Wöβ W. An analysis of ontologies and their success factors for application to business // Data & Knowledge Engineering. 2016. №101.

© Черепенин Валентин Анатольевич (cherept2@gmail.com); Серкезюк Виктор Русланович (jakxid@gmail.com);
Воробьев Сергей Петрович (vsp1999@yandex.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»