

Научная статья

Original article

УДК 330.43

doi: 10.55186/2413046X_2025_10_9_219

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЛЯ ПРИНЯТИЯ
УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО РЕСУРСОИСПОЛЬЗОВАНИЮ
MATHEMATICAL MODELING FOR MAKING MANAGERIAL
DECISIONS ON RESOURCE USE**



Сазонов Алексей Иванович, кандидат технических наук, доцент кафедры Высшей математики Института искусственного интеллекта, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «МИРЭА – Российский технологический университет»

Евсеева Ольга Алексеевна, старший преподаватель кафедры Высшей математики - 3, ИПТИП, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «МИРЭА – Российский технологический университет»

Аксютин Ирина Владимировна, кандидат педагогических наук, доцент кафедры Высшей математики - 3, ИПТИП, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «МИРЭА – Российский технологический университет»

Борец Александра Сергеевна, ассистент кафедры высшей математики Института искусственного интеллекта, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «МИРЭА – Российский технологический университет»

Sazonov Aleksey Ivanovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Higher Mathematics at the Institute of Artificial

Intelligence, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
"MIREA – Russian Technological University"

Evseeva Olga Alekseevna, Senior Lecturer at the Department of Higher Mathematics - 3, IPTIP, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "MIREA - Russian Technological University"

Aksyutina Irina Vladimirovna, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Department of Higher Mathematics - 3, IPTIP, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "MIREA - Russian Technological University"

Borecz Aleksandra Sergeevna, Assistant at the Department of Higher Mathematics at the Institute of Artificial Intelligence, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "MIREA – Russian Technological University"

Аннотация. В центре данного исследования находится проблема разработки инструментария для поддержки принятия управленческих решений, связанных с распределением материальных и нематериальных активов между производственными единицами в рамках агропромышленных предприятий. Авторы подчеркивают специфику аграрного сектора, характеризующуюся значительным влиянием недетерминированных и слабоформализуемых факторов, таких как изменчивые метеоусловия и особенности работы с биологическими объектами. Эта специфика непосредственно обуславливает требования к методам их математической формализации.

В работе выполнен обзор современных математических моделей, применяемых для управления организационно-экономическими системами, с выделением тех подходов, которые позволяют оптимизировать подбор и аллокацию ресурсов среди альтернативных вариантов. В результате проведенного анализа была предложена систематизация моделей и алгоритмов, ориентированных на достижение конкретных целевых показателей производственного планирования. Разработанный

структурированный подход призван сократить временные затраты лиц, принимающих решения, на выбор адекватного методического обеспечения для управления эффективным использованием ресурсов.

Abstract. The focus of this study is on the problem of developing tools to support management decision-making related to the distribution of tangible and intangible assets between production units within agro-industrial enterprises. The authors emphasize the specifics of the agricultural sector, characterized by the significant influence of non-deterministic and poorly formalized factors, such as variable weather conditions and the specifics of working with biological objects. This specificity directly determines the requirements for the methods of their mathematical formalization.

The paper provides an overview of modern mathematical models used to manage organizational and economic systems, highlighting those approaches that make it possible to optimize the selection and allocation of resources among alternative options. As a result of the analysis, a systematization of models and algorithms aimed at achieving specific production planning targets was proposed. The developed structured approach is designed to reduce the time spent by decision makers on choosing adequate methodological support for managing the effective use of resources.

Ключевые слова: обеспечение поддержки принятия решений, математическая модель, метод, агропроизводство, производственные ресурсы

Keywords: decision support, mathematical model, method, agricultural production, production resources

Введение

Современное агропроизводство представляет собой сложную многоуровневую систему, состоящую из взаимосвязанных технологических подсистем растениеводства и животноводства, каждая из которых характеризуется специфическими бизнес-процессами [6]. Эффективное

функционирование этих подсистем требует оптимального распределения ресурсов и направлено на преобразование ресурсного потенциала в конечную продукцию. Особенностью управления сельскохозяйственным производством является необходимость учета множества взаимовлияющих факторов, что обуславливает постоянную корректировку ресурсной политики предприятия. Существенным ограничением при этом выступает принципиальная невозможность точного прогнозирования результатов производственной деятельности вследствие влияния непредсказуемых внешних факторов.

Выработка управленческих решений в агропромышленном комплексе требует применения комплексного подхода, сочетающего математические методы, специализированное программное обеспечение и отраслевые методики. Сложность формализации объектов управления, обусловленная высокой степенью неопределенности функционирования агропредприятий, интеграции в систему управления разнородных данных: статистической информации, результатов мониторинга внешней среды [2], а также экспертных оценок квалифицированных специалистов.

Отраслевая специфика сельского хозяйства определяется уникальным характером основных средств производства (земельные ресурсы, биологические объекты), выраженной сезонностью технологических процессов и значительной зависимостью от метеорологических условий [4]. Эти особенности приводят к неравномерности производственной нагрузки в течение года, что требует разработки специальных подходов к управлению материально-техническими ресурсами и существенно влияет на формирование ресурсной политики предприятия.

Несмотря на возможность принятия части решений на основе эмпирического опыта, математические методы остаются ключевым инструментом оптимизации, позволяющим:

- минимизировать временные затраты на обоснование управленческих решений;
- реализовывать сценарное моделирование производственных процессов;
- определять приоритетные направления использования ресурсов с учетом системы технологических и экономических ограничений [2].

Перспективным направлением совершенствования управления ресурсами представляется не столько разработка принципиально новых методик, сколько адаптация существующего математического аппарата. В этой связи особую актуальность приобретает задача классификации математических моделей и методов решения задач ресурсопользования применительно к конкретным производственным целям. Дополнительный импульс этому процессу придает цифровая трансформация экономики [3], создающая новые возможности для практической реализации современных подходов к управлению агропромышленным комплексом.

Дальнейшее развитие методологии должно учитывать необходимость создания интегрированных систем поддержки принятия решений, сочетающих формализованные математические модели с возможностями обработки больших данных и элементами искусственного интеллекта для более точного прогнозирования и оптимизации производственных процессов в условиях неопределенности.

1. Математические инструменты исследования

Анализ методологических подходов к планированию ресурсопотребления в аграрном секторе при различных временных горизонтах свидетельствует о сохраняющейся актуальности методов оптимизации, в частности аппарата линейного программирования. Устойчивость применения данных инструментов обусловлена их методологической прозрачностью, относительной простотой формализации производственных процессов и возможностью алгоритмизации расчетных процедур, что обеспечивает

практическую ценность для лиц, принимающих управленческие решения (ЛПР).

В научной литературе [5, 6] отмечается, что методология линейного программирования демонстрирует высокую эффективность при решении разнообразных задач операционного управления: от оптимизации рационов кормления в животноводстве до планирования структуры посевных площадей и распределения техники. Универсальность данного подхода позволяет адаптировать его к различным условиям хозяйствования, что объясняет широкое применение в практике агропредприятий.

Особенностью современных реалий является комбинированное использование классических методов оптимизации с элементами динамического моделирования и вероятностными оценками. Такой синтез методологических подходов позволяет учитывать специфику сельскохозяйственного производства, связанную с сезонностью, биологическими факторами и климатической неопределенностью. При этом сохраняется принципиальная возможность формализации основных технологических процессов средствами линейного программирования.

Перспективы развития данного направления связаны с интеграцией традиционных оптимизационных моделей в системы поддержки принятия решений, дополненные возможностями анализа больших данных и машинного обучения. Это позволяет не только оптимизировать текущее ресурсопотребление, но и осуществлять сценарное прогнозирование развития производственных систем с учетом рыночной конъюнктуры и климатических изменений. Модель в своей структурной форме выглядит следующим образом:

$$\left\{ \begin{array}{l} F(x) = \sum_{j=1}^n c_j x_j \rightarrow \max; \\ g_i(x) = \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i, \quad i \in \overline{1, m}; \\ x_j \geq 0; \quad j \in \overline{1, n}, \end{array} \right.$$

Ограничения модели имеют разнородную природу. Помимо условий, связанных с доступностью ресурсов, в систему могут быть включены дополнительные требования [5], обусловленные спецификой решаемой задачи. Например, при оптимизации отраслевой структуры сельскохозяйственного производства может добавляться условие обеспечения гарантированного объёма выпуска товарной продукции:

$$\sum_{j \in M_1 \vee M_2} r_{ij} x_j \geq R_i \quad (i \in Q),$$

$$\left\{ \begin{array}{l} F(x) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min; \\ k_i(x) = \sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i, \quad i \in \overline{1, m}; \\ g_j(x) = \sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j, \quad j \in \overline{1, n}; \\ x_{ij} \geq 0; \quad i \in \overline{1, m}; \quad j \in \overline{1, n}. \end{array} \right.$$

Методология транспортной задачи, изначально разработанная для оптимизации логистических операций, демонстрирует значительный потенциал применения в различных сферах агропромышленного комплекса. Помимо решения традиционных задач транспортировки грузов, данный аппарат эффективно адаптируется для оптимизации пространственного распределения посевных площадей, планирования маршрутов движения сельскохозяйственной техники в период уборочных работ и рационализации

других производственных процессов, связанных с распределением ресурсов в пространстве.

Значительный интерес для аграрного сектора представляют динамические модификации оптимизационных моделей, позволяющие учитывать временной фактор при планировании. Линейно-динамические модели обеспечивают возможность формирования многолетних производственных планов с учетом таких факторов, как государственные заказы на сельхозпродукцию, внутренние потребности предприятия и его финансовые возможности [26]. Преимуществом данного подхода является создание целостной системы взаимосвязанных плановых показателей, отражающих стратегию развития агропредприятия. Вместе с тем, практическая реализация этих моделей сталкивается с трудностями прогнозирования технологических коэффициентов на перспективу, что требует применения дополнительных методов анализа, включая экспертные оценки и статистическое прогнозирование.

Особое значение в системе управления ресурсами приобретают методы аналитической обработки данных и прогнозирования. Как отмечает В.Н. Афанасьев [2], разработка эффективного инструментария статистического анализа составляет важнейшее условие решения управленческих задач в сельском хозяйстве. Современные подходы предполагают использование методов анализа временных рядов и динамических последовательностей экономических показателей [1], включая:

1. Идентификацию и анализ трендовых моделей развития основных производственных показателей.
2. Построение точечных и интервальных прогнозов динамики продуктивности растениеводства и животноводства.
3. Выявление скрытых закономерностей и цикличности в развитии агропромышленного производства.

Развитие данного направления связано с интеграцией традиционных статистических методов с технологиями машинного обучения, что позволяет повысить точность прогнозных моделей и расширить возможности анализа многомерных зависимостей в условиях неопределенности внешней среды. Построение адекватных регрессионных уравнений позволяет идентифицировать факторы, оказывающие наиболее значимое влияние на конечный результат:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + \dots + b_mx_m,$$

2. Методологические основы проведения исследования.

Принятие управленческих решений в условиях неопределенности, когда отсутствуют достоверные данные о вероятностных состояниях внешней среды, требует применения специальных методов оптимизации. Наиболее распространенными подходами в такой ситуации являются критерии принятия решений при неопределенности: максимакса, Вальда, Сэвиджа и Гурвица [1]. Альтернативную методологию предлагают принципы Байеса-Лапласа, основанные на вероятностной оценке возможных исходов. Для снижения уровня неопределенности рекомендуется проводить дополнительные исследования, включая полевые эксперименты и компьютерное имитационное моделирование, а также привлекать экспертные оценки для валидации получаемых результатов.

Современные системы поддержки принятия решений используют методы искусственного интеллекта. Значительный вклад в развитие экспертных систем на основе математической и нечеткой логики внесли исследования А.Ф. Бермана [4], Л. Заде [3], Л.В. Массель [1] и П. Уинстона [1]. Когда перед ЛПР стоит задача выбора между альтернативами с неопределенными исходами, аппарат теории нечетких множеств позволяет формализовать процесс принятия решений через специальные вычислительные алгоритмы. Дополнительные возможности предоставляют метод анализа иерархий [1],

генетические алгоритмы и нейронные сети [9], а для сравнительной оценки проектов эффективны методы Борда, БОФа и Парето [5].

Оптимизация распределения ресурсов может осуществляться с применением сетевых моделей [5], которые при адаптации к сельскохозяйственному производству должны учитывать временные параметры технологических процессов. Перспективным направлением является использование балансовых моделей [2], в частности моделей межотраслевого баланса, позволяющих согласовать объемы ресурсов с нормами их потребления. Особый интерес представляют методы комбинаторно-морфологического анализа [1], которые могут быть эффективно применены для оптимизации кадрового потенциала агропредприятий.

Развитие методологической базы принятия решений в аграрной сфере должно учитывать необходимость создания адаптивных систем, сочетающих формальные математические методы с возможностями обработки больших данных и машинного обучения. Это позволит повысить обоснованность управленческих решений в условиях быстро меняющейся внешней среды и усиливающейся климатической неопределенности.

Заключение

Современные механизмы распределения ресурсов, основанные на применении математического моделирования, составляют методологическую основу системы производственного планирования, ориентированной на достижение целевых показателей эффективности. В контексте функционирования агропредприятий в условиях значительной неопределенности внешней среды особую актуальность приобретает комплексный подход, включающий:

1. Создание систем мониторинга и верификации исходных данных, обеспечивающих достоверность информационной базы для принятия решений.

2. Разработку алгоритмов выявления скрытых зависимостей между производственными факторами и результирующими показателями деятельности.

3. Внедрение интеллектуальных платформ, поддерживающих сценарное моделирование и многовариантный анализ решений для задач стратегического планирования и оперативного управления.

Формирование механизмов интеграции формализованных методов оценки с экспертной компетенцией специалистов

Проведенная классификация математических моделей и методов управления ресурсным потенциалом создает основу для построения адаптивной системы поддержки принятия решений. Разработанный методический аппарат позволяет структурировать процесс выбора оптимальных инструментов планирования в зависимости от специфики производственных задач, что способствует сокращению временных затрат на обоснование управленческих решений и повышению их качества.

Особую практическую значимость представляет возможность комбинирования различных классов моделей (статистических, оптимизационных, имитационных) для решения комплексных задач ресурсного планирования с учетом отраслевых особенностей агропромышленного производства. Дальнейшее развитие данного направления связано с интеграцией рассмотренных методов в платформы цифрового сельского хозяйства, обеспечивающие сквозную автоматизацию процессов планирования и управления.

Список источников

1. Андрейчиков, А.В. Анализ, синтез, планирование решений в экономике: учебник / А.В. Андрейчиков, О.Н. Андрейчикова. – 2-е изд., доп. и перераб. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 464 с.
2. Афанасьев, В.Н. Статистическое обеспечение проблемы устойчивости сельскохозяйственного производства: монография / В.Н. Афанасьев. – М.:

Финансы и статистика, 1996. – 319 с.

3. Балаш, В.А. Пространственная корреляция в статистических исследованиях / В.А. Балаш, А.Р. Файзлиев // Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета. – 2008. – № 4 (23). – С. 122-125.

4. Алгоритм согласования знаний экспертов при решении мультидисциплинарных задач / А.Ф. Берман, О.А. Николайчук, Г.С. Малтугуева, А. Ю. Юрин // Сб. трудов Шестнадцатой Национальной конференция по искусственному интеллекту с международным участием КИИ-2018. Москва, 24-27 сентября 2018 г. В 2-х томах. – 2018. – С. 149-157.

5. Астафьев, Р. У. Основные подходы к формированию математических и имитационных моделей на основе баз знаний в разработке программного обеспечения / Р. У. Астафьев // Computational Nanotechnology. – 2024. – Т. 11, № S5. – С. 142-151. – DOI 10.33693/2313-223X-2024-11-5-142-151. – EDN CCLNZK.

6. Астафьев, Р. У. Подходы к анализу качества электронных образовательных сред / Р. У. Астафьев // Индустриальное программирование - 2024 : сборник докладов международной научно-практической конференции, Москва, 04–05 апреля 2024 года. – Москва: МИРЭА - Российский технологический университет, 2024. – С. 14-15. – EDN LBZNOP.

7. Сидоров, А. А. Формулы вычисления рациональных интегралов для некрatных корней / А. А. Сидоров // Инновационные технологии в электронике и приборостроении : сборник докладов Российской научно-технической конференции с международным участием Физико-технологического института РТУ МИРЭА, Москва, 16–17 апреля 2020 года. Том 1. – Москва: МИРЭА - Российский технологический университет, 2020. – С. 294-297. – EDN HJEC5V.

8. Сидоров, А. А. Формулы вычисления рациональных интегралов для некратных корней. Часть 2 / А. А. Сидоров // Инновационные технологии в электронике и приборостроении : сборник докладов Российской научно-технической конференции с международным участием Физико-технологического института РТУ МИРЭА, Москва, 16–17 апреля 2020 года. Том 1. – Москва: МИРЭА - Российский технологический университет, 2020. – С. 298-301. – EDN TLYSRZ.
9. SIDOROV Andrei, 2024, THE IMPACT OF ANNOUNCEMENTS ON CRYPTOCURRENCY PRICES, Revista Economică, Lucian Blaga University of Sibiu, Faculty of Economic Sciences, vol.76(4), pages 69-94, December. DOI: <https://doi.org/10.56043/reveco-2024-0035>
10. Сидоров, А. А. Вопросы нахождения формул сумм степенных рядов натуральных чисел в курсе линейной алгебры для студентов технических вузов / А. А. Сидоров // Перспективные материалы и технологии (ПМТ-2025) : Сборник докладов Национальной научно-технической конференции с международным участием, Москва, 07–12 апреля 2025 года. – Москва: МИРЭА - Российский технологический университет, 2025. – С. 1444-1454. – EDN IKYSTV
11. Отдельные аспекты применения универсальной тригонометрической подстановки / О. Р. Параскевопуло, В. Н. Гельмиярова, О. Ю. Козлова, А. А. Сидоров // Перспективные материалы и технологии (ПМТ-2025) : Сборник докладов Национальной научно-технической конференции с международным участием, Москва, 07–12 апреля 2025 года. – Москва: МИРЭА - Российский технологический университет, 2025. – С. 1368-1374. – EDN EGAQQB.

References

1. Andrejchikov, A.V. Analiz, sintez, planirovanie reshenij v e`konomike: uchebnik / A.V. Andrejchikov, O.N. Andrejchikova. – 2-e izd., dop. i pererab. – М.: Finansy` i statistika, 2004. – 464 s.

2. Afanas`ev, V.N. Statisticheskoe obespechenie problemy` ustojchivosti sel`skoxozyajstvennogo proizvodstva: monografiya / V.N. Afanas`ev. – M.: Finansy` i statistika, 1996. – 319 s.
3. Balash, V.A. Prostranstvennaya korrelyaciya v statisticheskix issledovaniyax / V.A. Balash, A.R. Fajzliev // Vestnik Saratovskogo gosudarstvennogo social`no-ekonomicheskogo universiteta. – 2008. – № 4 (23). – S. 122-125.
4. Algoritm soglasovaniya znaniy e`kspertov pri reshenii mul`tidisciplinarny`x zadach / A.F. Berman, O.A. Nikolajchuk, G.S. Maltugueva, A. Yu. Yurin // Sb. trudov Shestnadcatoj Nacional`noj konferenciya po iskusstvennomu intellektu s mezhdunarodny`m uchastiem KII-2018. Moskva, 24-27 sentyabrya 2018 g. V 2-x tomax. – 2018. – S. 149-157.
5. Astaf`ev, R. U. Osnovny`e podxody` k formirovaniyu matematicheskix i imitacionny`x modelej na osnove baz znaniy v razrabotke programmogo obespecheniya / R. U. Astaf`ev // Computational Nanotechnology. – 2024. – T. 11, № S5. – S. 142-151. – DOI 10.33693/2313-223X-2024-11-5-142-151. – EDN CCLNZK.
6. Astaf`ev, R. U. Podxody` k analizu kachestva e`lektronny`x obrazovatel`ny`x sred / R. U. Astaf`ev // Industrial`noe programmirovaniye - 2024 : sbornik dokladov mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Moskva, 04–05 aprelya 2024 goda. – Moskva: MIRE`A - Rossijskij texnologicheskij universitet, 2024. – S. 14-15. – EDN LBZNOP.
7. Sidorov, A. A. Formuly` vy`chisleniya racional`ny`x integralov dlya nekratny`x kornej / A. A. Sidorov // Innovacionny`e texnologii v e`lektronike i priborostroenii : sbornik dokladov Rossijskoj nauchno-texnicheskoy konferencii s mezhdunarodny`m uchastiem Fiziko-texnologicheskogo instituta RTU MIRE`A, Moskva, 16–17 aprelya 2020 goda. Tom 1. – Moskva: MIRE`A - Rossijskij texnologicheskij universitet, 2020. – S. 294-297. – EDN HJECCV.
8. Sidorov, A. A. Formuly` vy`chisleniya racional`ny`x integralov dlya nekratny`x kornej. Chast` 2 / A. A. Sidorov // Innovacionny`e texnologii v

e`lektronike i priborostroenii : sbornik dokladov Rossijskoj nauchno-texnicheskoj konferencii s mezhdunarodny`m uchastiem Fiziko-texnologicheskogo instituta RTU MIRE`A, Moskva, 16–17 aprelya 2020 goda. Tom 1. – Moskva: MIRE`A - Rossijskij texnologicheskij universitet, 2020. – S. 298-301. – EDN TLYSRZ.

9. SIDOROV Andrei, 2024, THE IMPACT OF ANNOUNCEMENTS ON CRYPTOCURRENCY PRICES, Revista Economică, Lucian Blaga University of Sibiu, Faculty of Economic Sciences, vol.76(4), pages 69-94, December. DOI: <https://doi.org/10.56043/reveco-2024-0035>

10. Sidorov, A. A. Issues of finding formulas for the sums of power series of natural numbers in the course of linear algebra for students of technical universities / A. A. Sidorov // Prospective Materials and Technologies (PMT-2025): Proceedings of the National Scientific and Technical Conference with International Participation, Moscow, April 7–12, 2025. – Moscow: MIREA - Russian Technological University, 2025. – Pp. 1444-1454. – EDN IKYSTV.

11. Certain aspects of applying the universal trigonometric substitution / O. R. Paraskevopulo, V. N. Gelmiyarova, O. Yu. Kozlova, A. A. Sidorov // Prospective Materials and Technologies (PMT-2025): Proceedings of the National Scientific and Technical Conference with International Participation, Moscow, April 7–12, 2025. – Moscow: MIREA - Russian Technological University, 2025. – Pp. 1368-1374. – EDN EGAQQB.

© Сазонов А.И., Евсеева О.А., Аксютина И.В., Борец А.С., 2025. Московский экономический журнал, 2025, № № 9.