

УДК 005.5:004.94

DOI 10.26118/2782-4586.2026.36.68.018

Аристова И.Ю.

Бендерский политехнический институт
ГОУ «ПГУ им .Т.Г. Шевченко»

Федорова Т.А.

Бендерский политехнический институт
ГОУ «ПГУ им .Т.Г. Шевченко»

Жадаев Д.С.

Бендерский политехнический институт
ГОУ «ПГУ им .Т.Г. Шевченко»

Математическое моделирование и информационные технологии как основа современных систем управления

Аннотация. В статье рассматривается роль математического моделирования и информационных технологий в построении и функционировании современных организационных и технических систем управления. Показано, что математические модели обеспечивают формализацию целей, ограничений и критериев эффективности управления, а информационные технологии создают инструментальную среду для их практической реализации. Исследуется взаимосвязь между теоретическими моделями и их прикладным использованием в задачах управления качеством и поддержки принятия решений. В результате проведённого анализа обоснована роль вероятностных и статистических методов, а также управления знаниями в повышении устойчивости и обоснованности управленческих решений. Показано, что интеграция математического аппарата и информационных технологий обеспечивает переход от описательных моделей к функционирующим информационно-аналитическим системам, повышающим устойчивость и эффективность организаций.

Ключевые слова: математическое моделирование, информационные технологии, организационные и технические системы, системы управления, управление знаниями, поддержка принятия решений.

Aristova I.Yu.

Bendery Polytechnic Institute
State Educational Institution “T.G. Shevchenko Pridnestrovian State University

Fedorova T.A.

Bendery Polytechnic Institute
State Educational Institution “T.G. Shevchenko Pridnestrovian State University

Zhadaev D.S.

Bendery Polytechnic Institute
State Educational Institution “T.G. Shevchenko Pridnestrovian State University

Mathematical Modeling and Information Technologies as the Basis of Modern Management Systems

Abstract. The article examines the role of mathematical modeling and information technologies in the development and functioning of modern management systems for organizational and technical objects. It is shown that mathematical models provide formalization of management goals, constraints, and performance criteria, while information technologies create an instrumental environment for their practical implementation. The relationship between theoretical models and their applied use in quality management and decision support tasks is analyzed. As a result, the significance of probabilistic and statistical methods, as well as knowledge management, in improving the sustainability and justification of managerial decisions is substantiated. It is demonstrated that the integration of mathematical tools and information

technologies enables the transition from descriptive models to functioning information-analytical systems that enhance organizational sustainability and efficiency.

Keywords: mathematical modeling, information technologies, organizational and technical systems, management systems, knowledge management, decision support.

Современные организационные системы, к которым относятся промышленные предприятия, энергокомпании, образовательные и научные учреждения, характеризуются высокой сложностью, динамичностью и значительными объёмами обрабатываемых данных. Управление такими системами требует перехода от интуитивных и эмпирических методов к научно обоснованным подходам, базирующимся на точных расчётах и комплексном анализе информации.

Вместе с тем, многие технологические и бизнес-процессы вследствие своей сложности, слабой формализуемости и неопределённости исходных данных не могут быть описаны математическим аппаратом в приемлемом объёме или в допустимое время. Данное обстоятельство связано с онтологическими ограничениями сложности объекта управления, что подчёркивается в ряде исследований по управлению сложными системами [1, 4]. В этих условиях задачи управления сложными объектами во многом решаются на основе накопленного опыта руководителя — лица, принимающего решение (ЛПР). Используемые ЛПР методы носят приближённый характер и опираются на профессиональные знания и интуитивные представления о функционировании системы [2, 12]. В условиях оперативного управления режимами энергосистем, это связано с жестким ограничением времени для принятия решения, а при прогнозировании перспективных режимов и проектировании развития энергосистем – с неопределённостью и неоднозначностью исходной информации, например данных о перспективных нагрузках энергосистемы [4].

Актуальность исследования обусловлена усложнением современных организационных и технических систем, ростом объёмов обрабатываемой информации и необходимостью принятия управленческих решений в условиях нестабильной внутренней и внешней среды организаций и предприятий Приднестровского региона. При этом цифровизация экономики, промышленности и образования требует интеграции математического моделирования, современных информационных технологий, аналитики данных и интеллектуальных систем принятия решений в единый методологический подход. Данный подход позволит сформировать необходимый аналитический фундамент, который позволит не только описывать сложные процессы, но и прогнозировать их развитие, оптимизировать управленческие решения и повышать общую эффективность системы [3, 4].

Целью данной статьи является анализ и синтез подходов к применению математических методов и информационных технологий как комплексного методологического подхода для построения современных систем управления в организационных и технических системах, с учётом исследований в смежных прикладных областях.

Методологической основой исследования является системный подход и теория управления организационными системами, в рамках которых управление рассматривается как процесс целенаправленного воздействия на динамическую систему при наличии ограничений и неопределённости внешней среды [5, 6]. Такой подход позволяет объединить математическое моделирование и информационные технологии в единый замкнутый контур управления.

Математика, прежде всего, в формах математического моделирования, теории вероятностей и математической статистики, выступает фундаментальной основой для построения объективных методов оценки качества, эффективности и устойчивости систем управления. При этом математическая модель представляет собой формализованное описание объекта или процесса с использованием математического аппарата. В контексте управления организационными системами такие модели позволяют:

- формализовать знания о системе, выделяя существенные взаимосвязи и параметры;
- проводить вычислительные эксперименты и оценивать последствия тех или иных управленческих решений без риска для реальной системы;
- оптимизировать параметры функционирования, находя наилучшие значения ключевых показателей при заданных ограничениях.

В работах [7, 8] показано, что качество продукции и процессов в машиностроении не может рассматриваться исключительно как формальное соответствие нормативным требованиям. Напротив, качество является вероятностной характеристикой, формируемой под воздействием множества случайных и слабо детерминированных факторов на протяжении всего жизненного цикла изделия. В этой связи, предложенная вероятностная математическая модель количественной оценки качества крупных электрических машин, позволяет перейти от субъективных экспертных оценок к формализованному измерению уровня качества с использованием теории вероятностей и статистики [7]. Можно отметить, что данный подход принципиально расширяет возможности систем управления, так как позволяет интегрировать результаты измерений, испытаний и эксплуатационных наблюдений в единую аналитическую модель. При этом, математическое моделирование становится связующим элементом между первичными данными и управленческими решениями, обеспечивая воспроизводимость, сопоставимость и обоснованность принимаемых решений.

В рамках исследования используется общепринятая в теории управления организационными системами математическая постановка задачи управления, основанная на представлении системы в виде вектора состояния, управляемого посредством целевой функции и системы ограничений [5, 6].

С позиции теории управления организационными системами, функционирование организации может быть представлено в виде динамической системы с обратной связью. Состояние системы в дискретный момент времени k описывается вектором состояния (1):

$$x_k = (x_{1k}, x_{2k}, \dots, x_{nk})^T, \quad (1)$$

где x_{ik} - параметры состояния системы, характеризующие ключевые аспекты деятельности системы (производственные, экономические, качественные, ресурсные или иные показатели);

n — размерность пространства состояний;

k — дискретный временной индекс.

Управляющее воздействие задаётся вектором (2), который отражает совокупность управленческих решений:

$$u_k = (u_{1k}, u_{2k}, \dots, u_{mk})^T, \quad (2)$$

где u_{ik} - управляемый параметр, характеризующий конкретное управленческое воздействие на систему (например, объём выпуска, распределение ресурсов, величина бюджета, корректирующие мероприятия, изменение режимов работы и др.);

m - размерность пространства управлений;

Динамика системы описывается уравнением перехода (3):

$$x_{k+1} = G(x_k, u_k, \xi_k), \quad (3)$$

где G - оператор динамики системы;

ξ_k - вектор возмущающих факторов внешней и внутренней среды.

Функция $G(\cdot)$ может быть представлена в виде:

- системы уравнений;
- имитационной модели;
- алгоритмической процедуры;
- интеллектуальной модели (например, на основе машинного обучения).

Цель управления формализуется с помощью целевой функции (4):

(4)

где $J(x_k, u_k)$ - функция, отображающая выбранные критерии эффективности управления;

T - горизонт планирования, в пределах которого оцениваются последствия управленческих воздействий на состояние системы .

Задача управления решается при выполнении ограничений (5):

$$u_k \in U, x_k \in X, \quad (5)$$

где U и X — допустимые области управлений и состояний системы [6].

Таким образом, математическое моделирование обеспечивает формализацию управленческой задачи, а информационные технологии — её вычислительную реализацию.

Развитие информационных технологий выступает необходимым условием практической реализации математических моделей управления. В исследованиях [2, 3] подчеркивается, что, без внедрения цифровых инструментов сбора, хранения и обработки данных, математические модели остаются теоретическими и не применимыми в реальных системах управления [4].

Именно информационные системы позволяют аккумулировать большие массивы разнородных данных, формировать базы знаний и обеспечивать их применение в процессах управления, а также организационных и технических системах. Особое значение в этом контексте приобретает управление знаниями, как встроенный элемент современных систем управления [12]. В работе [9] обоснована идея о том, что знания персонала, результаты анализа несоответствий и накопленный управленческий опыт представляют собой особый вид нематериального актива, который подлежит систематизации, измерению и управлению. Таким образом управление знаниями превращается в базовый инструмент повышения зрелости и адаптивности любой сложной системы.

Развитие данных идей в контексте управления сложными организационными и техническими системами представлено в ряде исследований, в которых математическое моделирование, системный анализ и информационные технологии рассматриваются как методологическая основа построения интеллектуальных систем поддержки принятия управленческих решений. Так, в работе [3] отмечается, что управление такими сложными системами, как энергосистема, связано с формированием управляющих воздействий, направленных на изменение траектории динамики системы в пространстве допустимых состояний. Реализация данного подхода требует использования математических моделей, адекватно описывающих поведение системы и влияние управляющих факторов. В связи с этим в исследовании [3] предложена классификация интеллектуальных систем поддержки принятия управленческих решений, а также разработаны концептуальная и даталогическая модели базы данных, обеспечивающие практическую реализацию математического аппарата в виде ИТ-архитектуры системы управления.

На основе проведенного анализа, можно выделить общую парадигму построения современных систем управления, включающую три взаимосвязанных этапа:

- на первом этапе осуществляется формализация предметной области посредством построения математических и информационных моделей, включая вероятностные модели оценки качества, ER-модели данных и диаграммы потоков данных;
- второй этап связан с разработкой алгоритмического ядра системы, обеспечивающего расчёт количественных показателей качества, прогнозирование состояний системы и формирование логики принятия управленческих решений;
- на третьем этапе результаты моделирования и алгоритмической обработки реализуются в виде информационно-аналитической системы поддержки принятия решений, обеспечивающей сбор данных, выполнение расчётов и предоставление управленческой информации пользователю.

Современная система управления организацией, основанная на этой парадигме, представляет собой единую информационно-аналитическую платформу. Она аккумулирует данные всех подразделений, использует комплекс математических моделей для их анализа (от статистических до имитационных и оптимизационных) и предоставляет менеджеру (оператору, диспетчеру) инструменты для стратегического и оперативного управления, будь то контроль качества продукции или управление режимами энергосистемы.

Представленная на рис. 1 концептуальная схема единой платформы управления современной организационной системой иллюстрирует реализацию замкнутого контура управления, в рамках которого математическое моделирование и информационные технологии функционируют как взаимодополняющие элементы единого информационно-аналитического пространства.



Рис.1. Концептуальная схема единой платформы управления современной организационной системой

Данная схема соответствует методологии управления в организационных системах и может быть использована при решении научных и прикладных задач, связанных с разработкой, моделированием и внедрением информационно-аналитических и интеллектуальных систем управления сложными организационно-техническими системами.

Проведённый анализ подтверждает, что использование математического моделирования обеспечивает формализацию целей, критериев и ограничений управления, тогда как информационные технологии создают условия для их практической реализации за счёт автоматизации расчётов и организации обратной связи. Реализация данного подхода позволяет перейти от описательных представлений к функционирующим информационно-аналитическим платформам, повышающим обоснованность управленческих решений, адаптивность и устойчивость систем управления.

Особую практическую значимость данный подход приобретает для организаций и предприятий Приднестровского региона, функционирующих в условиях ограниченных ресурсов, высокой неопределённости внешней среды и необходимости повышения эффективности управленческих решений на основе анализа данных и накопленных знаний.

Список источников

1. Грибков Андрей Армович, Зеленский Александр Александрович Управление сложными системами: ключевые характеристики и онтологическое ограничение сложности объекта управления // Общество: философия, история, культура. 2025. №11. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/upravlenie-slozhnymi-sistemami-klyuchevye-harakteristiki-i-ontologicheskoe-ogranichenie-slozhnosti-obekta-upravleniya> (дата обращения: 06.02.2026).

2. Жадаев, Д. С. Математическая модель интеллектуальной системы поддержки принятия управленческих решений в энергосистемах / Д. С. Жадаев // Эргодизайн. – 2023. – № 1(19). – С. 13-20. – DOI 10.30987/2658-4026-2023-1-13-20. – EDN DESNIH.

3. Жадаев, Д. С. Модели и функции интеллектуальной системы поддержки принятия управленческих решений в энергосистемах / Д. С. Жадаев // Автоматизация и моделирование в проектировании и управлении. – 2023. – № 4(22). – С. 55-63. – DOI 10.30987/2658-6436-2023-4-55-63. – EDN ZOJOWG.

4. Жадаев, Д. С. Модели описания и оценок эффективности принятия решений в энергосистемах как организационных системах / Д. С. Жадаев // Актуальные вопросы развития естественных и технических наук : Материалы XXX Всероссийской научно-практической конференции, Ставрополь, 20 ноября 2023 года. – Ставрополь: Общество с ограниченной ответственностью "Ставропольское издательство "Параграф", 2023. – С. 108-111. – EDN JQZXPQ.

5. Клейнер Г.Б. Системная экономика: шаги развития: Монография / Г.Б. Клейнер. Предисловие академика В.Л. Макарова. – Издательский дом «НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА», 2021. – 746 с.

6. Новиков Д. А. Теория управления организационными системами. 4-е изд., испр. и дополн. – М.: ЛЕНАНД, 2022. – 500 с.

7. Федорова, Т. А. Вероятностная математическая модель количественной оценки качества крупных электрических машин в контексте управления знаниями / Т. А. Федорова // Обеспечение и повышение качества изделий машиностроения и авиакосмической техники: материалы Международной научно-технической конференции. – Брянск: Брянский государственный технический университет, 2020. – С. 415-419.

8. Федорова, Т. А. Взаимосвязь анализа действующей системы менеджмента качества и анализа состояния производства / Т. А. Федорова, В. Н. Радченко // Технологии и реинжиниринг наземных транспортно-технологических комплексов: Сборник статей. – Тирасполь: Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко, 2025. – С. 50-56. – EDN GMQJGO.

9. Федорова, Т. А. Взаимосвязь инструментов управления качеством и менеджмента знаний / Т. А. Федорова, Т. Ю. Баева // Colloquium-Journal. – 2019. – № 9-2(33). – С. 21. – EDN ZIRGDR.

10. Федорова, Т. А. Система менеджмента качества предприятий как совокупность взаимосвязанных процессов / Т. А. Федорова // Закономерности взаимодействия технических устройств и человека в технических и антропогенно-измененных системах: Материалы международной научно-практической конференции, Брянск, 25 апреля 2016 года. – Брянск: Брянский государственный технический университет, 2016. – С. 87-92. – EDN WENQIL.

11. ISO 9001:2015. Quality management systems — Requirements. — Geneva : International Organization for Standardization, 2015.

12. Nonaka I., Takeuchi H. The Knowledge-Creating Company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation. — New York : Oxford University Press, 1995. — 304 p. — DOI: 10.1016/0024-6301(96)81509-3.

Сведения об авторах

Аристова И.Ю., преподаватель, кафедры общеобразовательных и гуманитарных наук Бендерского политехнического института, ГОУ «ПГУ им.Т.Г. Шевченко», Бендеры, Приднестровье

Федорова Т.А., старший преподаватель, кафедры транспортно-технологических машин и комплексов, ГОУ «ПГУ им.Т.Г. Шевченко», Бендеры, Приднестровье

Жадаев Д.С., старший преподаватель, кафедры эксплуатация транспортного электрооборудования и техническое обслуживание автомобилей ГОУ «ПГУ им .Т.Г. Шевченко», Бендеры, Приднестровье

Information about the authors

Aristova I.Yu., Lecturer, Department of General Education and Humanities, Bendery Polytechnic Institute State Educational Institution “T.G. Shevchenko Pridnestrovian State University”, Bendery, Pridnestrovie.

Fedorova T.A., Senior Lecturer, Department of Transport-Technological Machines and Complexes, Bendery Polytechnic Institute State Educational Institution “T.G. Shevchenko Pridnestrovian State University”, Bendery, Pridnestrovie.

Zhadaev D.S., Senior Lecturer, Department of of Operation of Transport Electrical Equipment and Vehicle Maintenance, Bendery Polytechnic Institute State Educational Institution “T.G. Shevchenko Pridnestrovian State University”, Bendery, Pridnestrovie.