

Петухова, А. В. Системы поддержки принятия решений (СППР) на основе интеллектуальных технологий. Архитектура, проектирование и использование СППР в различных областях / А. В. Петухова, А. В. Коваленко // Прикладная математика и вопросы управления. – 2025. – № 1. – С. 47–58. DOI 10.15593/2499-9873/2025.1.04

Библиографическое описание согласно ГОСТ Р 7.0.100–2018

Петухова, А. В. Системы поддержки принятия решений на основе интеллектуальных технологий. Архитектура, проектирование и использование СППР в различных областях / А. В. Петухова, А. В. Коваленко. – Текст : непосредственный. – DOI 10.15593/2499-9873/2025.1.04 // Прикладная математика и вопросы управления / Applied Mathematics and Control Sciences. – 2025. – № 1. – С. 47–58.



ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА
И ВОПРОСЫ УПРАВЛЕНИЯ

№ 1, 2025

<https://ered.pstu.ru/index.php/amcs>



Обзорная статья

DOI: 10.15593/2499-9873/2025.1.04

УДК 004.89



Системы поддержки принятия решений (СППР) на основе интеллектуальных технологий. Архитектура, проектирование и использование СППР в различных областях

А.В. Петухова¹, А.В. Коваленко²

¹КвантумБлек, Лондон, Соединенное Королевство Великобритании и Северной Ирландии

²Кубанский государственный университет, Краснодар, Российская Федерация

О СТАТЬЕ

Получена: 07 февраля 2025

Одобрена: 10 марта 2025

Принята к публикации:

16 апреля 2025

Финансирование

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов

равноценен.

Ключевые слова:

системы поддержки принятия решений, искусственный интеллект, анализ данных, бизнес-аналитика, принятие решений на основе данных, нечеткие когнитивные карты, стратегическое планирование

АННОТАЦИЯ

Рассматривается роль систем поддержки принятия решений (СППР) в процессах управления организациями. Прослеживается путь СППР от простейших систем обработки данных до современных платформ. Обсуждаются ключевые принципы СППР, такие как принятие решений на основе данных, ориентация на пользователя и применение принципов системного дизайна. Рассматривается архитектура СППР, включая основные компоненты: системы управления базами данных (СУБД), системы управления моделями (СУМ), пользовательский интерфейс (UI) и компоненты управления знаниями. Анализируются типы архитектур, их преимущества, ограничения и подходы к проектированию СППР. Акцентируется внимание на применении СППР в разных секторах – от бизнеса и здравоохранения до городского планирования. В статье подчеркивается роль СППР в повышении эффективности, поддержке сложных решений и внедрению стратегических инициатив. Также рассматривается специальный тип СППР – нечеткие когнитивные карты и когнитивные системы, которые расширяют функциональность СППР путем моделирования сложных взаимосвязей и предоставления динамичных стратегий развития систем. В итоге СППР позиционируются как ключевые инструменты для управления сложными и изменяющимися аспектами современного процесса принятия решений, при этом постоянные инновации усиливают их стратегическую ценность и значимость.

© Петухова Алина Владимировна – аспирант, аналитик, отдел математического анализа e-mail: petukhova.alina@gmail.com, ORCID 0000-0002-0652-6068.

Коваленко Анна Владимировна – доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой анализа данных и искусственного интеллекта, e-mail: savanna-05@mail.ru, ORCID 0000-0002-3991-3953.



Эта статья доступна в соответствии с условиями лицензии Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

Perm Polytech Style: Petukhova A.V., Kovalenko A.V. Decision support systems (DSS) based on intelligent technologies. Architecture, design and usage of DSS in various sectors. *Applied Mathematics and Control Sciences*. 2025, no. 1, pp. 47–58. DOI: 10.15593/2499-9873/2025.1.04

MDPI and ACS Style: Petukhova, A.V.; Kovalenko, A.V. Decision support systems based on intelligent technologies. Architecture, design and usage of DSS in various sectors. *Appl. Math. Control Sci.* **2025**, *1*, 47–58. <https://doi.org/10.15593/2499-9873/2025.1.04>

Chicago/Turabian Style: Petukhova, Alina V., and Anna V. Kovalenko. 2025. “Decision support systems based on intelligent technologies. Architecture, design and usage of DSS in various sectors”. *Appl. Math. Control Sci.* no. 1: 47–58. <https://doi.org/10.15593/2499-9873/2025.1.04>



APPLIED MATHEMATICS
AND CONTROL SCIENCES

№ 1, 2025

<https://ered.pstu.ru/index.php/amcs>



Review

DOI: 10.15593/2499-9873/2025.1.04

UDC 004.89



Decision support systems (DSS) based on intelligent technologies. Architecture, design and usage of DSS in various sectors

A.V. Petukhova¹, A.V. Kovalenko²

¹QuantumBlack, London, United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland

²Kuban State University, Krasnodar, Russian Federation

ARTICLE INFO

Received: 07 February 2025

Approved: 10 March 2025

Accepted for publication:

16 April 2025

Funding

This research received
no external funding.

Conflicts of Interest

The authors declare no conflict
of interest.

Author Contributions

equivalent.

Keywords:

decision support systems, artificial
intelligence, data analysis, business
analytics, data-driven decision
making, fuzzy cognitive maps,
strategic planning.

ABSTRACT

The article examines the role of decision support systems (DSS) in the management processes of organizations. It traces the path of DSS from the simplest data processing systems to modern platforms. It discusses key principles of DSS, such as data-driven decision making, user orientation, and application of system design principles. It considers the architecture of DSS, including the main components: database management systems (DBMS), model management systems (MMS), user interface (UI), and knowledge management components. It analyzes the types of architectures, their advantages, limitations, and approaches to DSS design. It focuses on the application of DSS in various sectors, from business and healthcare to urban planning. The article emphasizes the role of DSS in improving efficiency, supporting complex decisions, and implementing strategic initiatives. It also discusses a special type of DSS – fuzzy cognitive maps (FCM) and cognitive systems that extend the functionality of DSS by modeling complex relationships and providing dynamic strategies for system development. Ultimately, DSS are positioned as key tools for managing the complex and changing aspects of modern decision-making, with continuous innovation enhancing their strategic value and relevance.

© **Alina V. Petukhova** – Ph. D. Student, Analyst, Department of mathematical analysis, e-mail: petukhova.alina@gmail.com, ORCID: 0000-0002-0652-6068.

Anna V. Kovalenko – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Data Analysis and Artificial Intelligence, e-mail: savanna-05@mail.ru, ORCID: 0000-0002-3991-3953.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

Введение

Системы поддержки принятия решений (СППР) стали незаменимыми инструментами для организаций, которые сталкиваются со все более сложными и изменчивыми условиями. Начав свой путь как системы обработки данных, СППР эволюционировали в сложные платформы благодаря достижениям в таких технологиях, как искусственный интеллект (ИИ), машинное обучение (МО) и углубленный анализ данных [1; 2]. Эти передовые технологии позволяют СППР эффективно работать с большими объемами данных, выявляя закономерности и предоставляя точные прогнозы развития систем.

История СППР началась в 1960-х гг., когда компания General Electric (GE) применила их в производстве и управлении запасами. Внедряя в процесс управления статистические модели и методы линейного программирования, GE открыла новый путь для интеграции вычислительных методов в бизнес-процессы, что позволило оптимизировать производство и управление ресурсами [3]. В 1970-е гг. СППР нашли применение в здравоохранении, где их использование в системах вроде MYCIN значительно улучшило процессы медицинской диагностики. Хотя внедрение этих систем было сопряжено с этическими сложностями, они показали огромный потенциал в улучшении принятия решений [4]. Развитие СППР продолжилось в 1980-е гг. с появлением групповых систем поддержки принятия решений (GDSS), которые представили платформы для коллективного обсуждения и стратегического планирования [5]. В 1990-е гг. были разработаны исполнительные информационные системы (EIS), которые обеспечили руководителям доступ к важной информации и ее визуализации для принятия управленческих решений в реальном времени [6].

Сегодня ИИ и МО значительно расширили функциональность СППР. ИИ позволяет не только анализировать большие объемы данных в реальном времени, но и предсказывать будущие сценарии, выявлять скрытые закономерности и автоматически оптимизировать решения. Интеллектуальные агенты и глубокие нейронные сети улучшают рекомендации товаров или услуг, делая их персонализированными, а интеграция с технологиями обработки естественного языка делает взаимодействие с системой более интуитивным. В результате СППР становятся более гибкими, автономными и эффективными в условиях высокой неопределенности. Интеграция когнитивных систем в СППР открывает новые горизонты, интегрируя в СППР логику экспертов для адаптации к меняющимся условиям. Достижения в этой области, например IBM Watson, показывают значительное влияние когнитивных СППР в таких сферах, как здравоохранение и финансы [7; 8].

Недавние достижения в моделировании и симуляции значительно расширили возможности СППР, что позволяет проводить более глубокий анализ и создавать предсказательные модели для поддержки сложных сценариев принятия решений [9].

В статье исследуются основные принципы, методологии и сферы применения СППР, подчеркивается их потенциал для трансформации процессов принятия решений, а также указываются сложности, которые возникают при внедрении СППР в реальных организациях.

Принципы СППР

СППР основываются на ряде ключевых принципов, обеспечивающих эффективность их применения в различных отраслях. Важнейший из них – построение СППР, основанных на данных. Это предполагает использование данных и аналитических методов для предоставления результатов, которые соответствуют целям лиц, принимающих решения [10].

Этот принцип тесно связан с принципом исчисления решений (decision calculus), который подчеркивает значимость моделирования и количественных методов для решения сложных задач в сфере принятия решений [11].

Также важно, чтобы СППР проектировались с учетом контекста и потребностей пользователя, гарантируя, что системы будут интуитивно понятными и удобными в использовании. Zarate et al. [12] указывают, что успешные СППР адаптированы под конкретные нужды пользователей, а O'Brien и Marakas [13] подчеркивают важность согласования возможностей СППР с процессами управления информацией в организации для повышения качества решений.

Применение принципов системного дизайна дополнительно усиливают эффективность СППР. Примером может служить методология House of Quality [14], которая помогает соотнести требования клиентов с возможностями компании, что улучшает проектирование СППР и учитывает многочисленные переменные в процессе принятия решений.

Возможность для коллаборации и коммуникации лиц принимающих решение имеет ключевое значение в разработке СППР. Авторы [15] демонстрируют важность этого аспекта на примере систем управления катастрофами, где интеграция мнений различных заинтересованных сторон увеличивает надежность системы и приводит к более практичным и результативным решениям.

Интерфейс системы также играет ключевую роль в развитии СППР. Hevner et al. [16] предлагают алгоритм разработки СППР, основанный на итеративном процессе создания и оценки интерфейса. Такой подход помогает сохранять актуальность и эффективность систем с учетом нужд пользователей.

Дополнительно авторы [17] указывают на необходимость интеграции СППР и других информационных свойств, используемых в процессах предприятия для улучшения качества принимаемых решений при моделировании сценариев развития организаций.

Основы архитектура СППР

Архитектура СППР – это не просто совокупность технологических решений, но и концептуальная модель, определяющая, как различные компоненты системы взаимодействуют друг с другом. Эти взаимодействия в конечном счете определяют эффективность и функциональность системы.

Современная СППР состоит из нескольких ключевых элементов, каждый из которых играет свою роль в обеспечении ее возможностей.

Система управления базами данных (СУБД) – это центральный компонент, обеспечивающий управление данными, полученными как из внутренних, так и из внешних источников. Этот компонент поддерживает:

- хранение как структурированных данных (например, реляционные базы данных), так и неструктурированных данных (тексты, изображения, видео);
- интеграцию с хранилищами данных и обработку потоков в реальном времени;
- применение технологий, включая SQL, NoSQL и облачные платформы [18; 19].

Система управления моделями (СУМ) предоставляет инструменты для проведения анализа, моделирования и оптимизации. Она включает:

- статистические модели и алгоритмы машинного обучения;
- инструменты анализа «что, если» и сценарного планирования;
- технологии, такие как R, Python, платформы оптимизации (например, CPLEX) [12; 20].

Пользовательский интерфейс (UI) служит связующим звеном между пользователем и системой. Важные аспекты:

- визуальные панели и инструменты интерактивной визуализации;
- доступность для пользователей с минимальными техническими знаниями благодаря удобному и интуитивному дизайну;
- технологии, включающие веб-интерфейсы, мобильные приложения и обработку естественного языка [21].

Компонент управления знаниями дополняет архитектуру СППР, способствуя эффективному кодированию и применению экспертных знаний через:

- использование онтологий и графов знаний;
- применение экспертных систем и систем на основе правил;
- технологии семантической сети, НКК, фреймворки представления знаний [22].

Типы архитектур СППР

Централизованная архитектура подразумевает хранение данных и выполнение вычислений в едином репозитории. Это архитектурное решение обладает высокой согласованностью данных и упрощенным обслуживанием, однако страдает от ограниченной масштабируемости и наличия единой точки отказа [12].

Децентрализованная (распределенная) архитектура распределяет данные и вычислительные ресурсы по разным локациям. Она улучшает масштабируемость и устойчивость системы, но усложняет синхронизацию и обслуживание [18].

Облачная СППР, которая размещена на облачных платформах с использованием распределенных вычислений. Ее преимуществами являются масштабируемость, экономичность и простота доступа, а недостатками – зависимость от интернет-соединения и надежности провайдера [23].

Гибридная архитектура сочетает централизованные и децентрализованные подходы, что позволяет объединить сильные стороны обеих моделей. Однако сложность начальной настройки может быть значительным барьером [21].

Технологические тренды, формирующие архитектуру СППР

1. Интеграция ИИ и машинного обучения. Эти технологии позволяют проводить более глубокий анализ данных, автоматизировать рекомендации и предлагать сценарии на основе прогнозов [20].

2. Аналитика в реальном времени. Поддерживает принятие решений в условиях временной чувствительности через обработку потоковых данных [23].

3. Граничные вычисления. Уменьшают задержку за счет обработки данных ближе к источнику данных [18].

4. СППР для принятия коллективных решений. Способствуют групповому принятию решений через инструменты и платформы для совместной работы [12].

5. Интероперабельность через API. Обеспечивает бесшовную интеграцию СППР с другими системами предприятия, улучшая общую операционную эффективность.

Проблемы проектирования архитектуры СППР

- Качество данных: интеграция данных из множества источников требует обеспечения их согласованности и полноты.

- Масштабируемость. С ростом объема и скорости данных необходимо адаптировать архитектуру для сохранения производительности.
- Удобство использования. Интерфейс должен быть интуитивно понятным для пользователей с разным уровнем технической подготовки.
- Безопасность и конфиденциальность. Обеспечение защиты данных и соблюдение нормативных требований являются ключевыми аспектами.

Таким образом, архитектура СППР – это сложная, но крайне важная часть современных систем управления. Ее развитие подталкивают новые технологии, растущие требования бизнеса и стремление к повышению эффективности принятия решений.

Использование СППР

СППР находят широкое применение в различных отраслях, таких как бизнес, здравоохранение, городское планирование, управление ресурсами, логистика и многие другие.

В сфере бизнеса СППР поддерживают предприятие решений в стратегическом планировании, анализируя рыночные тенденции, оценивая риски и оптимизируя операционные процессы [18]. Особенно полезны такие системы в маркетинге, где понимание предпочтений клиентов может существенно повлиять на разработку стратегии продвижения продукции.

Также эти системы оказались особенно важны в здравоохранении, где они помогают в клиническом принятии решений, повышая точность диагностики, улучшают результаты лечения и снижают нагрузку на медицинский персонал [4; 24]. Wasylewicz et al. [25] подчеркивают, что эти системы играют важную роль в клиническом принятии решений, помогая медицинским специалистам более точно диагностировать заболевания, рекомендовать эффективные методы лечения и управлять уходом за пациентами. Благодаря интеграции данных пациентов с медицинскими знаниями, СППР улучшают как точность, так и эффективность медицинской помощи, что в конечном счете ведет к более положительным результатам для пациентов.

Помимо здравоохранения, СППР также успешно используются в других отраслях. В строительстве СППР помогают улучшить проектное управление благодаря возможности оценки стоимости работ, планирования процессов и оценки рисков. Minhas и Potdar [26] отмечают, что такие системы с помощью анализа данных в реальном времени позволяют получать прогнозы развития систем, помогая руководителям проектов эффективно управлять рисками и оптимально распределять ресурсы. Интеграция СППР в строительные проекты способствует повышению качества результатов и продуктивности всех участников проекта. В сельском хозяйстве и логистике такие системы значительно повышают продуктивность и эффективность процессов, применяя современные модели для оптимизации урожайности и улучшения прогнозирования спроса [1; 2].

Нечеткие когнитивные карты (НKK) расширяют возможности СППР, моделируя сложные системы и взаимосвязи между переменными [27]. НKK позволяют количественно оценивать экспертные знания, что помогает принимать решения в условиях неопределенности, моделируя различные сценарии и визуализируя потенциальные последствия этих решений [28]. Одно из конкретных применений НKK – управление при катастрофах. Alexander [29] применяет НKK для сценариев землетрясений, демонстрируя, как эти модели могут улавливать сложные взаимосвязи между факторами, влияющими на реагирование и восстановление в условиях катаклизма. Благодаря моделированию различных исходов, НKK помогают менеджерам по чрезвычайным ситуациям оценивать стратегии и улучшать подготовку к бедствиям.

В управлении энергопотреблением методы, основанные на НКК, оптимизируют использование энергии в жилых зданиях. Ketipі, Karakasis, Koulouriotis и Emiris [30] предлагают метод многокритериального принятия решений, использующий НКК, который сосредоточен на стоимости, эффективности и устойчивости, что позволяет принимать обоснованные решения в соответствии с целями устойчивого развития.

В работах [31; 32] авторы предлагают системы поддержки принятия решений с использованием НКК, предназначенной для оценки устойчивости проектов городского развития. Эти системы предоставляют возможность сбалансировать экологические, экономические и социальные аспекты, что способствует устойчивому городскому развитию. Nunes et al. [33] описывают использование НКК для оценки факторов развития умных городов в Корее при планировании инвестиций в инфраструктуру. Lombardi и Ferretti [34] показывают, что интеграция географической информации с СППР существенно помогает в планировании землепользования и экологических оценках. Визуализируя пространственные данные, специалисты могут разрабатывать стратегии, учитывающие географические и демографические факторы, что ведет к более обоснованным и устойчивым решениям.

Petukhova и Fachada [35] рассматривают применение НКК для моделирования сценариев развития систем розничной торговли, подчеркивая их роль в анализе и прогнозировании изменений в потребительском поведении. В своей другой работе Петухова [36] решает обратную задачу моделирования для предприятий розничной торговли с использованием теории НКК, что позволяет оптимизировать стратегическое планирование. Авторы [37] анализируют риски использования НКК при управлении бизнес-процессами, выявляя потенциальные ограничения и пути их преодоления.

Заключение

СППР эволюционировали из простых инструментов обработки данных в важную систему управления организацией на основе интеллектуальных технологий. Благодаря возможностям искусственного интеллекта, машинного обучения и анализа данных, СППР предоставляют заключения о системе, помогающие организациям ориентироваться в сложных условиях и принимать эффективные стратегические решения. Основные принципы, такие как построение СППР на основе данных, ориентированность на удобство пользователя и применение принципов системного дизайна, обеспечивают адаптацию этих систем для различных отраслей. Выбор архитектуры СППР должен основываться на специфических потребностях организаций. Корректно выбранная архитектура способствует более тонкой интеграции СППР в информационную систему компании и увеличивают способность системы к проведению анализа и интерпретации данных, что улучшает процессы принятия решений. Специализированные системы, такие как НКК, расширяют возможности СППР, позволяя моделировать сложные и неопределенные сценарии и предоставлять динамические прогнозы.

СППР находят применение в бизнесе, здравоохранении, строительстве, городском планировании и управлении ресурсами, улучшая операционную эффективность, поддерживая клинические решения, оптимизируя управление проектами и стратегическое развитие городов.

С продолжением технологического прогресса СППР будут включать еще более инновационные технологии и методологии, что повысит их эффективность и сферу применения. Более тесная интеграция с ИИ и машинным обучением обещает создание систем, спо-

собных к более глубокому обучению и адаптации, что позволит организациям решать новые вызовы с высокой точностью и гибкостью.

В заключение можно сказать, что СППР играют ключевую роль в управлении процессами принятия решений во многих областях. Благодаря постоянным инновациям и адаптации, эти системы останутся в авангарде стратегического планирования и решения проблем, помогая организациям справляться с вызовами быстро меняющегося мира.

Список литературы

1. AI-Based Decision Support Systems in Industry 4.0: A Review / M. Soori, F.K. Ghaleh Jough, R. Dastres, B. Arezoo // *Journal of Economy and Technology*. – 2024. – № 08. – (In press). – DOI 10.1016/j.ject.2024.08.005
2. Decision support systems for Agriculture 4.0: Survey and challenges / Z. Zhai, J.F. Martínez, V. Beltran, N.L. Martínez // *Computers and Electronics in Agriculture*. – 2020. – Vol. 170. – Art. 105256. – DOI 10.1016/j.compag.2020.105256
3. Ocasio, W. Rise and Fall – or Transformation? The Evolution of Strategic Planning at the General Electric Company, 1940–2006 / W. Ocasio, J. Joseph // *Long Range Planning*. – 2008. – Vol. 41. – P. 248–272. – DOI 10.1016/j.lrp.2008.02.010
4. An overview of clinical decision support systems: benefits, risks, and strategies for success / R.T. Sutton, D. Pincock, D.C. Baumgart, D.C. Sadowski, R.N. Fedorak, K.I. Kroeker // *NPJ Digital Medicine*. – 2020. – Vol. 3, Art 17 (2020). – DOI 10.1038/s41746-020-0221-y
5. Humphreys, P. The Evolution Of Group Decision Support Systems To Enable Collaborative Authoring Of Outcomes / P. Humphreys, G. Jones // *World Futures*. – 2006. – Vol. 62, Iss. 3. – P. 193–222. – DOI 10.1080/02604020500509546
6. McBride, N. The Rise and Fall of an Executive Information System: A Case Study / N. McBride // *Information Systems Journal*. – 1997. – Vol. 7, Iss. 4. – P. 277–287.
7. Chen, Y. IBM Watson: How Cognitive Computing Can Be Applied to Big Data Challenges in Life Sciences Research / Y. Chen, J.E. Argentinis, G. Weber // *Clinical Therapeutics*. – 2016. – Vol. 38, № 4. – P. 688–701. – DOI: 10.1016/j.clinthera.2015.12.001
8. Zopounidis, C. Financial decision support: an overview of developments and recent trends / C. Zopounidis, M. Doumpos, D. Niklis // *EURO Journal on Decision Processes*. – 2018. – Vol. 6, № 1–2. – P. 63–76. – DOI 10.1007/s40070-018-0078-3
9. Decision Support Systems and Intelligent Systems / E. Turban, J. E. Aronson, T. P. Liang. – New Delhi: Prentice-Hall of India, 2005. – 964 p.
10. Decision Support Systems: Concepts and Resources for Managers / D.J. Power. – Westport, Connecticut: Quorum Books, 2002. – 251 p.
11. Little, J.D.C. Models and Managers: The Concept of a Decision Calculus / J.D.C. Little // *Management Science*. – 1970. – Vol. 16, № 8. – P. 466–485.
12. Zaraté, P. An Overview of Supports for Collective Decision Making / P. Zaraté, J.L. Soubie // *Journal of Decision Systems*. – 2004. – Vol. 13, № 2. – P. 211–221. – DOI: 10.3166/jds.13.211-221.
13. Management Information Systems / J.A. O'Brien, G.M. Marakas; 10th edition. – New York: McGraw-Hill Irwin, 2011. – 722 p.
14. Hauser, J.R. The House of Quality / J.R. Hauser, D. Clausing // *Harvard Business Review*. – 1988. – Vol. 66, № 3. – P. 63–73.
15. Kapucu, N. Collaborative Decision-Making in Emergency and Disaster Management / N. Kapucu, V. Garayev // *International Journal of Public Administration*. – 2011. – Vol. 34. – P. 366–375. DOI: 10.1080/01900692.2011.561477

16. Design science in information systems research / A.R. Hevner, S.T. March, J. Park, S. Ram // *MIS Quarterly*. – 2004. – Vol. 28, № 1. – P. 75–105. DOI: 10.2307/25148625
17. Integration of decision support systems to improve decision support performance / S. Liu, A.H.B. Duffy, R.I. Whitfield [et al.] // *Knowledge and Information Systems*. – 2010. – Vol. 22. – P. 261–286. DOI: 10.1007/s10115-009-0192-4
18. Decision Support and Business Intelligence Systems / E. Turban, R. Sharda, D. Delen; 9th edition. – New Jersey: Pearson, 2011. 715 p.
19. Decision Support Systems in the 21st Century / G.M. Marakas; 2nd edition. – New Jersey: Prentice Hall, 2003. – 648 p.
20. Data Science for Business: What You Need to Know about Data Mining and Data-Analytic Thinking / F. Provost, T. Fawcett. – Sebastopol, California: O'Reilly Media. – 2013. – 420 p.
21. Arnott, D. A critical analysis of decision support systems research / D. Arnott, G. Pervan // *Journal of Information Technology*. – 2005. – Vol. 20, № 2. – P. 67–87. – DOI 10.1057/palgrave.jit.2000035
22. Building Effective Decision Support Systems / R.H. Sprague, E.D. Carlson. – New Jersey: Prentice Hall, 1982. – 358 p.
23. Competing on Analytics: The New Science of Winning / T.H. Davenport, J.G. Harris. – Boston, Massachusetts: Harvard Business Review Press, 2007. – 328 p.
24. Applications of Artificial Intelligence for Health Informatics: A Systematic Review / M. Hasan, M. Islam, M. Islam, D. Chen, C. Sanin, G. Xu // *Journal of Artificial Intelligence for Medical Sciences*. – 2023. – Vol. 4, № 2. – P. 19–46. – DOI 10.55578/joaims.230920.001
25. Wasylewicz, A.T.M. Clinical Decision Support Systems / A.T.M. Wasylewicz, A.M.J.W. Scheepers-Hoeks // *Fundamentals of Clinical Data Science* / Kubben P., Dumontier M., Dekker A. (eds.). – Cham: Springer, 2019. – P. 153–169. – DOI 10.1007/978-3-319-99713-1_11
26. Minhas, M.R. Decision Support Systems in Construction: A Bibliometric Analysis / M.R. Minhas, V. Potdar // *Buildings*. – 2020. – Vol. 10, № 6. – Art. 108. – DOI 10.3390/buildings10060108
27. Kosko, B. Fuzzy cognitive maps / B. Kosko // *International Journal of Man-Machine Studies*. – 1986. – Vol. 24, № 1. – P. 65–75. – DOI 10.1016/S0020-7373(86)80040-2
28. Salmeron, J. Supporting decision makers with fuzzy cognitive maps: These extensions of cognitive maps can process uncertainty and hence improve decision making in R&D applications / J. Salmeron // *Research Technology Management*. – 2009. – Vol. 52. – P. 53–59.
29. Alexander, D. Cognitive Mapping as an Emergency Management Training Exercise / D. Alexander // *Journal of Contingencies and Crisis Management*. – 2005. – Vol. 12, № 4. – P. 150–159. – DOI 10.1111/j.0966-0879.2004.00445.x
30. Multi-Criteria Decision Making using Fuzzy Cognitive Maps – Preliminary Results / M. Ketipi, E. Karakasis, D. Koulouriotis, D. Emiris // *Procedia Manufacturing*. – 2020. – Vol. 51. – P. 1305–1310. – DOI 10.1016/j.promfg.2020.10.182
31. Sustainability evaluation of urban large-scale infrastructure construction based on dynamic fuzzy cognitive map / H. Chen, S. Cheng, Y. Qin, W. Xu, Y. Liu // *Journal of Cleaner Production*. – 2024. – Vol. 449. – Art. 141774. – DOI 10.1016/j.jclepro.2024.141774
32. Петухова, А. В. Использование нечетких когнитивных карт для решения задачи развития муниципальных образований / А. В. Петухова, А. В. Коваленко, М. В. Шарпан // *Инженерный вестник Дона*. – 2024. – № 2(110). – С. 238–262. – EDN LTRFOG. – URL:

http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_31__2y24_petukhova_kovalenko_sharpan.pdf_51a5d2d775.pdf.

33. “Cities go smart! ”: A system dynamics-based approach to smart city conceptualization / S.A.S. Nunes, F.A.F. Ferreira, K. Govindan, L.F. Pereira // *Journal of Cleaner Production*. – 2021. – Vol. 313. – Art. 127683. – DOI 10.1016/j.jclepro.2021.127683

34. Lombardi, P. New spatial decision support systems for sustainable urban and regional development / P. Lombardi, V. Ferretti // *Smart and Sustainable Built Environment*. – 2015. – Vol. 4, № 1. – P. 45–66. – DOI 10.1108/SASBE-07-2014-0039

35. Petukhova, A.V. Retail System Scenario Modeling Using Fuzzy Cognitive Maps / A.V. Petukhova, N. Fachada // *Information*. – 2022. – Vol. 13, № 5. – Art. 251. – DOI 10.3390/info13050251

36. Петухова, А. В. Решение обратной задачи моделирования для предприятия розничной торговли с использованием теории нечетких когнитивных карт / А. В. Петухова // *Инженерный вестник Дона*. – 2023. – № 3(99). – С. 135-146. – EDN NWRJXL. – URL: http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_25__2_petukhova_20230309.pdf_240c1c789a.pdf

37. Петухова, А.В. Риски использования нечетких когнитивных карт при управлении бизнес-процессами / А.В. Петухова, А.В. Коваленко, А.В. Овсянникова // *Современная математика и концепции инновационного математического образования*. – 2022. – № 1. – С. 171–177.

References

1. Soori M., Ghaleh Jough F.K., Dastres R., Arezoo B. AI-Based Decision Support Systems in Industry 4.0: A Review. *Journal of Economy and Technology*, 2024, DOI 10.1016/j.ject.2024.08.005

2. Zhai Z., Martínez J.F., Beltran V., Martínez N.L. Decision support systems for Agriculture 4.0: Survey and challenges. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2020, vol. 170, № 105256. DOI 10.1016/j.compag.2020.105256.

3. Ocasio W., Joseph J. Rise and Fall – or Transformation? The Evolution of Strategic Planning at the General Electric Company, 1940–2006. *Long Range Planning*, 2008, vol. 41, pp. 248–272. DOI 10.1016/j.lrp.2008.02.010.

4. Sutton R.T., Pincock D., Baumgart D.C., Sadowski D.C., Fedorak R.N., Kroeker K.I. An overview of clinical decision support systems: benefits, risks, and strategies for success. *NPJ Digital Medicine*, 2020, vol. 3, no. 17. DOI 10.1038/s41746-020-0221-y.

5. Humphreys P., Jones G. The Evolution of Group Decision Support Systems to Enable Collaborative Authoring of Outcomes. *World Futures*, 2006, vol. 62, iss. 3, pp. 193–222. DOI 10.1080/02604020500509546.

6. McBride N. The Rise and Fall of an Executive Information System: A Case Study. *Information Systems Journal*, 1997, vol. 7, iss. 4, pp. 277–287. DOI 10.1046/j.1365-2575.1997.00021.x

7. Chen Y., Argentinis J.E., Weber G. IBM Watson: How Cognitive Computing Can Be Applied to Big Data Challenges in Life Sciences Research. *Clinical Therapeutics*, 2016, vol. 38, no. 4, pp. 688–701f. DOI 10.1016/j.clinthera.2015.12.001.

8. Zopounidis C., Doumpos M., Niklis D. Financial decision support: an overview of developments and recent trends. *EURO Journal on Decision Processes*, 2018, vol. 6, no. 1–2, pp. 63–76. DOI 10.1007/s40070-018-0078-3.

9. Turban E., Aronson J.E., Liang T.P. Decision Support Systems and Intelligent Systems. New Delhi, Prentice-Hall of India, 2005, 964 p.

10. Power D.J. Decision Support Systems: Concepts and Resources for Managers. Westport, Connecticut, Quorum Books, 2002, 251 p.
11. Little J.D.C. Models and Managers: The Concept of a Decision Calculus. *Management Science*, 1970, vol. 16, no. 8, pp. 466–485.
12. Zaraté P., Soubie J.L. An Overview of Supports for Collective Decision Making. *Journal of Decision Systems*, 2004, vol. 13, no. 2, pp. 211–221. DOI 10.3166/jds.13.211-221.
13. O'Brien J.A., Marakas G.M. Management Information Systems. 10th edition. New York, McGraw-Hill Irwin, 2011, 722 p.
14. Hauser J.R., Clausing D. The House of Quality. *Harvard Business Review*, 1988, vol. 66, no. 3, pp. 63–73.
15. Kapucu N., Garayev V. Collaborative Decision-Making in Emergency and Disaster Management. *International Journal of Public Administration*, 2011, vol. 34, pp. 366–375. DOI 10.1080/01900692.2011.561477.
16. Hevner A.R., March S.T., Park J., Ram S. Design science in information systems research. *MIS Quarterly*, 2004, vol. 28, no. 1, pp. 75–105. DOI 10.2307/25148625.
17. Liu S., Duffy A.H.B., Whitfield R.I., Boyle I.M. Integration of decision support systems to improve decision support performance. *Knowledge and Information Systems*, 2010, vol. 22, pp. 261–286. DOI:10.1007/s10115-009-0192-4.
18. Turban E., Sharda R., Delen D. Decision Support and Business Intelligence Systems New Jersey: Pearson, 2011, 715 p.
19. Marakas G.M. Decision Support Systems in the 21st Century. New Jersey, Prentice Hall, 2003, 648 p.
20. Provost F., Fawcett T. Data Science for Business: What You Need to Know about Data Mining and Data-Analytic Thinking. Sebastopol, California, O'Reilly Media, 2013, 420 p.
21. Arnott D., Pervan G. A critical analysis of decision support systems research. *Journal of Information Technology*, 2005, vol. 20, no. 2, pp. 67–87. DOI 10.1057/palgrave.jit.2000035.
22. Sprague R.H., Carlson E.D. Building Effective Decision Support Systems. New Jersey, Prentice Hall, 1982, 358 p.
23. Davenport T.H., Harris J.G. Competing on Analytics: The New Science of Winning. Boston, Massachusetts, Harvard Business Review Press, 2007, 328 p.
24. Hasan M., Islam M., Islam M., Chen D., Sanin C., Xu G. Applications of Artificial Intelligence for Health Informatics: A Systematic Review. *Journal of Artificial Intelligence for Medical Sciences*. 2023, vol. 4, no. 2, pp. 19-46 DOI 10.55578/joaims.230920.001.
25. Wasylewicz A.T.M., Scheepers-Hoeks A.M.J.W. Clinical Decision Support Systems. In: Kubben, P., Dumontier, M., Dekker, A. (eds.) Fundamentals of Clinical Data Science. Cham, Springer, 2019, P. 153–169. – DOI 10.1007/978-3-319-99713-1_11
26. Minhas M.R., Potdar V. Decision Support Systems in Construction: A Bibliometric Analysis. *Buildings*, 2020, vol. 10, no. 6, art. 108. DOI 10.3390/buildings10060108.
27. Kosko B. Fuzzy cognitive maps. *International Journal of Man-Machine Studies*, 1986, vol. 24, no. 1, pp. 65–75. DOI 10.1016/S0020-7373(86)80040-2.
28. Salmeron J. Supporting decision makers with fuzzy cognitive maps: These extensions of cognitive maps can process uncertainty and hence improve decision making in R&D applications. *Research Technology Management*, 2009, vol. 52, pp. 53–59.
29. Alexander D. Cognitive Mapping as an Emergency Management Training Exercise // *Journal of Contingencies and Crisis Management*, 2005, vol. 12, no. 4, pp. 150–159. DOI 10.1111/j.0966-0879.2004.00445.x.

30. Ketipi M., Karakasis E., Koulouriotis D., Emiris D. Multi-Criteria Decision Making using Fuzzy Cognitive Maps – Preliminary Results. *Procedia Manufacturing*, 2020, vol. 51, pp. 1305–1310. DOI 10.1016/j.promfg.2020.10.182.
31. Chen H., Cheng S., Qin Y., Xu W., Liu Y. Sustainability evaluation of urban large-scale infrastructure construction based on dynamic fuzzy cognitive map. *Journal of Cleaner Production*, 2024, vol. 449, art. 141774. DOI 10.1016/j.jclepro.2024.141774.
32. Petukhova A.V., Kovalenko A.V., Sharpa M.V. Using fuzzy cognitive maps to solve the problem of municipal development. *Engineering journal of Don*, 2024, no. 2 (110), pp. 238–262, available at: http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_31__2y24_petukhova_kovalenko_sharpan.pdf_51a5d2d775.pdf.
33. Nunes S.A.S., Ferreira F.A.F., Govindan K., Pereira L.F. “Cities go smart!”: A system dynamics-based approach to smart city conceptualization. *Journal of Cleaner Production*, 2021, vol. 313, art. 127683. DOI 10.1016/j.jclepro.2021.127683.
34. Lombardi P., Ferretti V. New spatial decision support systems for sustainable urban and regional development. *Smart and Sustainable Built Environment*, 2015, vol. 4, no. 1, pp. 45–66. DOI 10.1108/SASBE-07-2014-0039.
35. Petukhova A.V., Fachada, N. Retail System Scenario Modeling Using Fuzzy Cognitive Maps. *Information*, 2022, vol. 13, no. 5, art. 251. DOI: <https://doi.org/10.3390/info13050251>.
36. Petukhova A.V. Simulation of the design activity diversification of innovative enterprise // *Engineering journal of Don*, 2023, no. 3, 13, 12 p. Available at: http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_25__2_petukhova_20230309.pdf_240c1c789a.pdf
37. Petukhova A.V., Kovalenko A.V., Ovsyannikova A.V. Risks of using fuzzy cognitive map in business process management. *Sovremennaya matematika i kontseptsii innovatsionnogo matematicheskogo obrazovaniya*, 2022, no. 1, pp. 171–177.