

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Петуховой Алины Владимировны, выполненную на тему: «Методы и алгоритмы интеллектуальной поддержки принятия решений в слабоструктурированных задачах выбора на основе нечётких когнитивных карт», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.3.4 Управление в организационных системах

Актуальность темы диссертации

Актуальность диссертационного исследования Алины Владимировны Петуховой обусловлена растущей сложностью и масштабом организационных систем, особенно в сферах розничной торговли, муниципального управления и промышленных предприятий. Расширение функций таких организаций, интеграция новых бизнес-процессов и цифровизация создают дополнительные вызовы для систем управления, с которыми традиционные методы моделирования и принятия решений зачастую не справляются. Разработка системы поддержки принятия решений на основе нечётких когнитивных карт (НKK) является ответом на эту проблему.

Актуальность исследования также подтверждается следующими аспектами.

1. Рост сложности предприятий как организационных систем: современные предприятия и муниципальные образования становятся всё более многосоставными, что усложняет процессы анализа и управления.

2. Недостатки существующих методов: традиционные методы принятия решений плохо справляются с неопределённостью и неполнотой информации, характерными для слабоструктурированных задач.

3. Отсутствие комплексных моделей: в настоящее время отсутствуют интегрированные решения, способные учитывать причинно-следственные связи, экспертные оценки и целевые сценарии в рамках одной модели.

Поэтому диссертационное исследование Алины Владимировны Петуховой, посвящённое интеллектуальной поддержке принятия решений в слабоструктурированных задачах выбора через внедрение инновационных методов и алгоритмов на основе НKK, является актуальным и представляет несомненный интерес.

Оценка научной новизны

Научная значимость диссертации Алины Владимировны Петуховой заключается в развитии методов управления социально-экономическими организационными системами на основе НKK. Современные организационные системы характеризуются высокой сложностью, слабой структурированностью и наличием неопределённости, что затрудняет

применение классических методов управления и прогнозирования. Это создаёт противоречие между потребностями практики и возможностями существующего математического аппарата. В диссертации предложен подход, основанный на использовании НКК, позволяющий интегрировать количественные параметры и экспертные знания для более точного моделирования и поддержки принятия решений.

Научная задача исследования А.В. Петуховой направлена на повышение эффективности управления и скорости принятия решений в социально-экономических организационных системах с использованием методов и алгоритмов, основанных на НКК. Для достижения цели исследования решены следующие задачи.

1. Проведено сравнительное исследование методов и алгоритмов построения НКК, а также методов решения обратных задач в НКК и нечётких реляционных уравнений (НРУ).
2. Разработаны и программно реализованы алгоритмы и методы решения обратных задач когнитивного моделирования систем на основе НКК.
3. Исследована модель стратегии развития города с использованием НКК.
4. Проанализирована проблема неразрешимости НРУ и разработан метод минимально значимых корректировок для их решения.
5. Спроектирован и реализован программный комплекс для анализа системных характеристик НКК и решения задач динамического моделирования.
6. Проанализирована возможность использования больших языковых моделей для построения и наполнения НКК.
7. Выявлены риски применения НКК в реальных условиях и разработаны рекомендации по их минимизации.

Тематика работы и основные результаты соответствуют следующим пунктам паспорта специальности 2.3.4 Управление в организационных системах: п. 3 «Разработка методов и алгоритмов решения задач управления в организационных системах», п. 4 «Разработка информационного и программного обеспечения систем управления и механизмов принятия решений в организационных системах», п. 5 «Разработка методов получения данных и идентификации моделей, прогнозирования и управления организационными системами на основе ретроспективной, текущей и экспертной информации», п. 9 «Разработка методов и алгоритмов интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений в организационных системах».

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается структурой работы, корректными математическими выкладками, постановками задач, решение которых сделано с использованием достаточного объема фактических данных предприятий. Достоверность полученных результатов подтверждается проведенными автором исследованиями, а также разработкой программного обеспечения, прошедшего государственную регистрацию и эффективно использующегося на практике. Результаты исследования внедрены в производство и учебный процесс, что подтверждается соответствующими актами внедрения.

Об обоснованности и достоверности результатов диссертации свидетельствует также их апробация на научно-технических конференциях различного уровня и наличие публикаций по теме исследования: 11 научных работ, в т. ч. в изданиях, включённых в международную наукометрическую базу Scopus – 2; журналах из Перечня ВАК – 5, свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ – 2.

Теоретическая и практическая значимость полученных автором результатов

Результаты диссертационного исследования обладают как теоретической, так и практической ценностью. Теоретическая значимость работы заключается в развитии методов управления организационными системами за счёт расширения математического аппарата НКК. Полученные результаты существенно углубляют существующую теоретическую базу и вносят вклад в решение актуальных научных проблем, связанных с моделированием сложных социально-экономических систем.

В работе предложены модифицированные алгоритмы решения обратных задач на основе НРУ, включающие понятия доминантных уравнений и детерминирующих коэффициентов. Разработанные алгоритмы позволяют эффективно определять необходимые изменения на предприятии для достижения стратегических целей, что расширяет теоретические подходы к когнитивному моделированию. Также исследование решает проблему неразрешимости обратных задач, предлагая метод минимально значимых корректировок и метод оптимизации структуры НКК. Эти методы позволяют получать приближённые решения в условиях высокой сложности и неопределённости, что является важным вкладом в теорию управления сложными системами.

Практическая значимость исследования заключается в разработке моделей и алгоритмов, которые могут быть непосредственно применены для повышения эффективности управления социально-экономическими организационными системами. Использование НКК позволяет исследователям и практикам различных уровней

формировать и проверять гипотезы, связанные с поведением сложных, слабоструктурированных систем при различных внешних воздействиях. Эти модели также используются для синтеза и анализа стратегий управления такими системами, что помогает улучшить процесс принятия решений.

В ходе исследования был разработан и реализован программный комплекс «FuzzyM», который отличается гибкой модульной структурой и возможностью расширения функционала. Этот программный комплекс успешно применялся для оптимизации процессов планирования и управления в различных организациях, таких как ООО «Программные технологии» и компания LTD «TectumAI». В результате внедрения разработанных методов и алгоритмов в этих компаниях значительно повысилась скорость принятия управленческих решений и увеличилось количество факторов, учитываемых при стратегическом планировании, что подтверждается соответствующими актами внедрения.

Оценка структуры и содержания диссертации

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и семи приложений. Материал диссертации изложен на 180 страницах, включая 24 рисунка и 29 таблиц. Список литературы включает 211 наименований.

Во введении обосновывается актуальность темы диссертационного исследования, формулируются цель и задачи исследования, отражается научная новизна и практическая значимость полученных результатов. Задачи диссертационного исследования строго соответствуют пунктам научной новизны и результатам диссертации.

Первая глава диссертационной работы посвящена вопросам когнитивного моделирования и анализу современных подходов и программных решений, применяемых в данной области. Вначале рассматриваются интеллектуальные системы поддержки принятия решений (СППР), их архитектура и функциональные возможности. Подчеркивается роль СППР в повышении качества управленческих решений за счёт интеграции экспертных знаний, аналитических инструментов и механизмов адаптации к неопределённости.

Особое внимание уделено когнитивному моделированию как эффективному инструменту представления причинно-следственных связей в слабоструктурированных системах. Представлены основные положения метода НКК, включая структуру карты, механизм активации концептов и выбор операций композиции (Т-норм и S-норм), обеспечивающих гибкость и адаптивность модели.

Рассматриваются динамические характеристики систем на основе НКК, включая сценарное поведение, влияние концептов на систему и обратные связи. Проведён обзор методов обучения НКК, включая алгоритмы Хебба, алгоритмы Силова и методы,

основанные на минимизации ошибки, а также рассмотрены их области применимости. Обсуждаются риски, связанные с использованием НКК в управлении организационными системами, и предлагаются подходы к их снижению, включая корректную интерпретацию связей и уточнение структуры модели.

Вторая глава посвящена формированию математических основ разрабатываемой системы на основе задач, выделенных в результате анализа существующих подходов. Подробно описан алгоритм решения прямой задачи прогнозирования с применением различных операций композиции, а также влияние выбора операции каузальной алгебры на интерпретацию процессов во взаимодействиях между концептами. Показано, что корректный выбор композиционных операций позволяет учесть слабые взаимосвязи между элементами нечёткой модели, обеспечивая её гибкость и повышение точности моделирования. Рассмотрены ключевые системные показатели для анализа обученной НКК. Особое внимание уделяется постановке обратной задачи моделирования (ОЗМ) в НКК и предложению алгоритма её решения с использованием теории НРУ и дополнительных структурных преобразований.

Третья глава посвящена описанию программного комплекса «FuzzyM», реализующего предложенные подходы, включая архитектуру, функциональные возможности, поддержку различных операций композиции и модульность реализации. Приводятся результаты тестирования, включая оценку ограничений и преимуществ при решении задач поддержки принятия решений и стратегического планирования.

Четвёртая глава посвящена практическому применению разработанных методов и алгоритмов для управления социально-экономическими организационными системами на основе НКК. Рассмотрены три кейса применения методов.

1. Предприятие розничной торговли – построена НКК, охватывающая техническое развитие, работу с клиентами, сотрудниками, поставщиками и финансовыми потоками. Анализ показал, что улучшение качества продукции и лояльности сотрудников запускает цикл повышения прибыли. Применение разных Т-норм позволило выбрать наилучший оператор для кластеризации и анализа сценариев.

2. Муниципальное образование – целевые концепты включают туристическую привлекательность, социальное благополучие и эколого-экономическую эффективность. Разработанная стратегия предполагает незначительные корректировки в политике благоустройства и жилого фонда для достижения целевых показателей. Показана устойчивость решений при использовании разных операций каузальной алгебры.

3. Электродиализная установка на предприятии очистки воды – построена модель, включающая 19 концептов. Решение обратной задачи позволило минимизировать энергозатраты и увеличить срок службы мембран при сохранении качества очистки.

Метод продемонстрировал высокую чувствительность к техническим параметрам и допустимым компромиссам.

В главе также рассматривается применение больших языковых моделей (LLM) для построения и анализа нечётких когнитивных карт. Представлен разработанный алгоритм автоматического получения связей между концептами с использованием LLM, что позволяет сократить зависимость от экспертных оценок при построении НКК. Проведён сравнительный анализ матриц взаимодействий, полученных на основе языковых моделей, и тех, что были построены вручную экспертами, с целью оценки надёжности и точности генерации. Описываются особенности применения языковых моделей в контексте слабоструктурированных социально-экономических систем, а также ограничения, возникающие при увеличении размерности моделей. Установлено, что при небольшом числе концептов LLM достаточно точно воспроизводит причинно-следственные связи, однако при росте числа концептов точность снижается.

Дополнительно в главе рассматриваются риски использования НКК в реальных системах. Выделены девять категорий рисков: финансовые, операционные, правовые, стратегические, связанные с безопасностью, с достоверностью данных, с интерпретируемостью модели, с нехваткой экспертных знаний и репутационные. Предложены рекомендации по снижению этих рисков при внедрении моделей в организационную практику.

В заключении подведены основные итоги диссертационного исследования и обобщены полученные научные и практические результаты. Показано, что использование нечётких когнитивных карт (НКК) и разработанных на их основе методов позволяет эффективно решать задачи поддержки принятия решений в условиях слабой структурированности и высокой степени неопределённости, характерных для современных организационных систем.

Сформулированы выводы по каждой главе, продемонстрированы как теоретические достижения — в виде модифицированных алгоритмов решения обратной задачи моделирования и методов построения НКК с использованием больших языковых моделей (см. главы 2 и 4), — так и прикладные результаты (глава 3). Последние подтверждены успешным внедрением разработанного программного комплекса «FuzzyM» в задачах управления предприятиями розничной торговли, муниципальными образованиями и инженерными объектами.

Диссертация является завершённым научным исследованием и содержит необходимую совокупность научных результатов и положений, выдвигаемых диссертантом для публичной защиты.

Полученные автором решения строго аргументированы и критически оценены по сравнению с другими известными решениями. В тексте диссертации даны корректные ссылки на авторов и источники. Указан личный вклад автора в работах, выполненных в соавторстве. Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Замечания по диссертации

1. В обзор литературы стоило бы включить более свежие ссылки, особенно за последние пять лет, чтобы обеспечить его актуальность. Например, такие работы, как обзоры Папагеоргиу и Салмерона за 2023 - 2025 годы.

2. Некоторые определения, связанные с НКК, могут быть недостаточно понятными для читателей, не знакомых с этой темой. Для более полного понимания следовало бы предоставить более чёткие определения и объяснения ключевых терминов, таких как "нечёткие когнитивные карты", "нечёткие когнитивные карты Коско" и "динамические свойства", прежде чем углубляться в их применение и связанные с ними работы.

3. В некоторых разделах анализа результатов стоило бы усовершенствовать статистическую глубину исследования, например, включить более подробный статистический анализ результатов.

4. Обсуждение было бы представлено лучше, если бы выводы были связаны с теоретическими аспектами. Например, стоило добавить предложение о связи построенной модели предприятия электродиализной очистки воды с предположениями Коско.

5. В заключении стоило бы добавить практические последствия исследования подчеркнув, как разработанная система поддержки принятия решений может быть реализована в реальных сценариях, и какие потенциальные выгоды она может принести.

6. В тексте используются как «ОЗКМ», так и «обратная задача моделирования» (стр. 53, 61, 137), при этом не всегда явно указано, что речь идёт об одном и том же. Следует придерживаться единообразного обозначения и ввести сокращения один раз с расшифровкой.

Однако считаю, что указанные замечания не снижают значимости данного диссертационного исследования.

Заключение

Диссертационное исследование Алины Владимировны Петуховой на тему «Методы и алгоритмы интеллектуальной поддержки принятия решений в слабоструктурированных задачах выбора на основе нечётких когнитивных карт», представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой содержится решение актуальной научной задачи совершенствования моделей

управления производственной деятельностью с целью повышения эффективности и надежности их функционирования. Работа написана грамотно и соответствующим образом оформлена. По каждой главе и работе в целом сделаны чёткие выводы. Материал диссертации изложен последовательно, выводы имеют логическое обоснование. Диссертация обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, что свидетельствует о личном вкладе автора диссертации в науку. По актуальности темы, глубине проработки поставленных задач, научной и практической значимости полученных результатов и выводов можно заключить, что диссертационное исследование отвечает требованиям ВАК, а соискатель Алина Владимировна Петухова заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по научной специальности 2.3.4 Управление в организационных системах.

Официальный оппонент,
заведующий кафедрой прикладной математики и программирования
Института математики, механики и компьютерных наук
ФГАОУ ВО "Южный федеральный университет",
доктор физико-математических наук по специальности 11.00.11 Охрана окружающей
среды и рациональное использование природных ресурсов, профессор

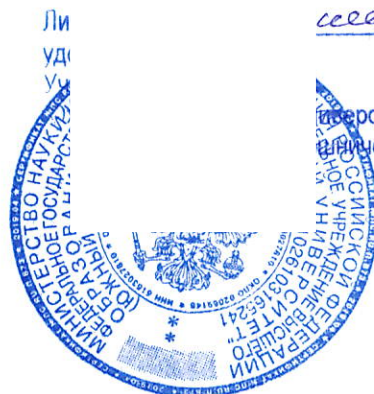
Геннадий Анатольевич Угольницкий

5 августа 2025 года

Адрес: Россия, 344090 г. Ростов-на-Дону, ул. Мильчакова 8-А, оф. 210

Телефон: +7 918 558-47-07

E-mail: gaugolnickiy@sfnedu.ru



Угольницкий Г.А.

Ученый секретарь
Института математики, механики и компьютерных наук
ФГАОУ ВО "Южный федеральный университет"
Угольницкий О.С.