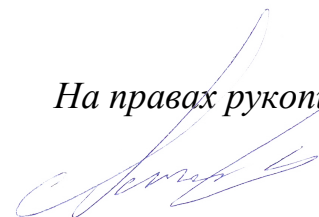


Частное образовательное учреждение высшего образования
«Южный университет (ИУБиП)»

На правах рукописи



Акперов Гурру Имран-оглы

**ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ
В ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ
СО СЛАБОСТРУКТУРИРОВАННЫМИ ИНФОРМАЦИОННЫМИ
СВЯЗЯМИ НА ОСНОВЕ АППАРАТА МЯГКИХ МОДЕЛЕЙ**

Специальность: 2.3.4. Управление в организационных системах

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
кандидат технических наук, доцент
Храмов Владимир Викторович

Ростов-на-Дону – 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
Глава 1. ПРОБЛЕМАТИКА ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ В ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ СО СЛАБОСТРУКТУРИРОВАННЫМИ ИНФОРМАЦИОННЫМИ СВЯЗЯМИ.....	13
1.1 Анализ свойств доступной для измерения информации в организационных системах	14
1.2 Анализ применения методов прогностического моделирования для управления стратегией развития вуза как организационной системы.....	18
1.3 Использование системного подхода при управлении слабоструктурированными связями в организационной системе.....	20
1.3.1 Общие положения из области SoS	21
1.3.2 Архитектура системы систем и интероперабельность.....	30
1.3.3 Система систем в образовании как организационной системе	34
1.3.4 Цифровое образование и единое геоинформационное образовательное пространство	36
1.3.5 Оценка системы управления на основе мягких моделей.....	39
1.4 Постановка задач диссертационного исследования.....	40
Выводы по первой главе.....	42
Глава 2. МОДЕЛИРОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СИСТЕМОЙ И ОЦЕНКА ЕГО ЭФФЕКТИВНОСТИ	43
2.1 Разработка системы показателей качества обучения в условиях нечеткости исходных данных	44
2.2 Формирование показателей и критериев качества функционирования вуза как организационной системы.....	48
2.3 Способ нечеткого сравнения для управления организационной системой	49
2.4 Метод многопараметрического выбора структуры и свойств программного комплекса для интеллектуального управляющего модуля.....	55
2.5 Когнитивная модель управления региональным вузом.....	58

Выводы по второй главе	62
Глава 3. АЛГОРИТМИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ МНОГОАЛЬТЕРНАТИВНЫХ ПРОГНОСТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ	63
3.1 Алгоритмизация принятия управленческих решений на основе мягких моделей.....	64
3.2 Формирование нечетких когнитивных карт поддержки исследований по отдельным миссиям университета	72
3.2.1 Методология формирования нечетких когнитивных карт	72
3.2.2 Требования к управляющим и целевым концептам	75
3.3 Разработка структуры диалоговых окон для разработанных моделей и алгоритмов	76
3.3.1 Программа нечеткого сравнения с образцом (нечеткий бенчмаркинг)	77
3.3.2 Окно программы для выбора интернет-параметров значимых факторов в когнитивном моделировании	78
3.3.3 Программа для оценки информационных мер организационной системы ...	79
Выводы по третьей главе.....	80
Глава 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗРАБОТАННЫХ МОДЕЛЕЙ, АЛГОРИТМОВ И ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ В ПРАКТИКЕ УПРАВЛЕНИЯ	82
4.1 Анализ и разработка мягких математических моделей структуры управления образовательными процессами.....	82
4.2 Результаты моделирования принятия решений на базе нечетких методов	88
4.3 Результаты применения методов моделирования для организации учебного процесса.....	93
4.4 Оценка качества управления образовательной организацией и результаты натурного эксперимента	96
4.4.1 Основные аспекты оценки качества управления и системные показатели в оценке качества управления.....	96
4.4.2 Натурный эксперимент: цель и методика.....	100
Выводы по четвертой главе.....	104
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	105

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ, УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ	107
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	109
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Акты о внедрении.....	126
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.Свидетельства о Государственной регистрации программ для ЭВМ	128

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования обусловлена процессами активной цифровизации различных классов организационных систем, в том числе со слабоструктурированными информационными связями. Учитывая тенденции применения в указанных процессах аппарата искусственного интеллекта, осуществляющего функции обеспечения требуемой эффективности принимаемых решений на основе гибкости функциональной и содержательной структуры, целесообразно проведение соответствующих исследований в этой области.

На сегодняшний день отсутствуют универсальные средства моделирования процессов принятия решений в рамках организационных систем, в том числе и образовательных, позволяющие учитывать всю структурную сложность организации деятельности вуза. Представляется актуальной разработка объектно ориентированных моделей, предназначенных для решения задач управления и сценарного планирования. Методологической основой для указанных моделей должны выступать подходы, обеспечивающие интеграцию экспертных знаний, а также количественных и качественных параметров, характеризующих систему.

В качестве перспективного направления рассматривается когнитивный подход, реализуемый посредством построения нечетких когнитивных карт (НКК). Данный инструмент моделирования процессов, протекающих в системе, базируется на комбинации аппарата нечеткой логики и теории графов. При этом число качественных характеристик организационных систем, из-за сочетания «искусственный + естественный интеллекты», постоянно растет, усложняя управляемость этих систем. Возникает естественное *противоречие* между требуемой точностью управления и ростом числа нечетких, неопределенных и неполных данных в контурах управления. Альтернативой здесь выступает использование «мягких» моделей на основе реализации когнитивного подхода и анализа слабоструктурированных иерархий.

Когнитивная модель репрезентирует субъективные представления о проблематике, связанной с функционированием и развитием организационной

системы. Ключевыми элементами нечетких когнитивных карт (НКК) являются базисные (или значимые) факторы. Содержательно базисные факторы детерминируют и ограничивают наблюдаемые явления и процессы в слабоструктурированной системе и окружающей среде, представляя собой существенные параметры и признаки указанных явлений и процессов. Формально НКК представляет собой взвешенный ориентированный граф, где вершинам соответствуют факторы, а ребрам – веса, определяемые в заданной шкале.

Степень разработанности темы исследования. Исследования в данной области интенсивно проводятся как в России, так и за рубежом начиная с 1980-х годов. Среди отечественных исследователей, внесших значительный вклад в развитие данного направления, следует отметить В. Б. Силова, В. И. Максимова, А. А. Кулинича, И. Н. Гамазова, В. И. Терехова², А. Н. Аверкина, С. А. Ярушева, В. Ю. Павлова, Н. А. Ефремову, Л. А. Гиниса и других. Вопросы моделирования сложных слабоструктурированных систем на основе НКК рассматриваются в работах Д. Г. Лагерева, А. Г. Подвесовского, Л. А. Строковой, В. П. Мешалкина, А. Ю. Белозерского, В. К. Маригодова, Г. В. Гореловой, И. А. Поляковой, А. В. Тихонина, М. М. Путято и др.

Несмотря на наличие значительного количества подходов к моделированию НКК, используемых для поддержки принятия управленческих решений, наблюдается дефицит универсальных средств анализа систем различного уровня структурированности, а также инструментов для сравнительной оценки этих уровней.

В этой связи можно заключить, что существующие средства принятия решений не адаптированы к особенностям конкретных организаций, соотношению качественных и количественных характеристик, а имеющиеся программные продукты не предполагают интеграции новых алгоритмов, способных расширить их функциональные возможности.

Известные результаты теоретических исследований в области управления организационными системами и варианты их практического использования не охватывают задач управления слабоструктурированными процессами,

характеризуемыми не только количественными, но и качественными параметрами, решаемыми на основе мягких моделей, методов и алгоритмов в случае осуществления необходимой в современных условиях цифровой трансформации. Поэтому требуется разработка и уточнение известных средств и алгоритмов управления, повышения уровня их структурности и возможностей прогнозирования, в том числе:

- способов повышения уровня структуризации слабоструктурированных систем, определяющей иерархическую упорядоченность информационных объектов, входящих в организационную систему;

- формальных средств формирования и ранжирования альтернатив эффективного управления ключевыми объектами организационных систем.

Таким образом, актуальность тематики диссертационного исследования продиктована необходимостью развития средств управления организационными системами со слабоструктурированными информационными связями в условиях неполноты и неопределенности информации на основе аппарата интеллектуализации процессов принятия решений и мягких моделей.

Диссертация выполнена на кафедре «Информационные технологии и прикладная математика» ЧОУ ВО «Южный университет (ИУБИП)» в рамках научной программы «Разработка моделей и методов управления организацией на базе нечетко-когнитивного подхода».

Целью диссертационного исследования является разработка моделей и алгоритмов принятия решений в слабоструктурированных организационных системах на основе реализации интеллектуальных средств управления и аппарата мягких моделей.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи**:

- провести анализ эффективности управления в организационных системах с использованием системной методологии и обосновать выбор средств ее повышения в контексте цифровой трансформации экономики и общества;

– разработать средства нечеткого математического моделирования и соответствующее программное обеспечение для поддержки процессов принятия решений в слабоструктурированных организационных системах;

– разработать мягкую модель системы управления высшим учебным заведением на основе нечетких когнитивных карт (НКК) с целью повышения эффективности процессов функционирования вузом;

– разработать когнитивные модели процессов управления информационными объектами в слабоструктурированных организационных системах, позволяющие формировать оптимальные варианты альтернатив принятий решений;

– разработать программный комплекс интеллектуализации процессов принятия решений в рамках слабоструктурированных организационных систем на основе мягких моделей.

Объект исследования: процессы управления в организационных системах со слабоструктурированными информационными связями.

Предмет исследования: модели и алгоритмы интеллектуализации процессов принятия решений в рамках организационных систем с нечеткими связями.

Методы исследования: методы теории математического моделирования, теории систем, теории нечетких множеств и нечеткой логики, теории когнитивного моделирования, а также математической статистики.

Диссертационная работа выполнена в следующих областях исследований, указанных в паспорте научной специальности 2.3.4. Управление в организационных системах (технические науки):

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.

В диссертационном исследовании получены следующие результаты, обладающие признаками **научной новизны**:

– предложена модификация механизмов управления в организационных системах с нечеткими связями, характеризующаяся внедрением специализированных методов;

– разработаны оптимизационные модели управления информационными объектами организационной системы на базе нечеткого бенчмаркинга и многопараметрического нечеткого выбора в рамках когнитивного подхода, отличающиеся использованием одновременно качественной и количественной информации с поддержкой управляемости слабоструктурированных процессов;

– осуществлена алгоритмизация процессов принятия решений в рамках слабоструктурированных организационных систем на основе процедуры нечеткого сравнения, когнитивного прогнозирования и анализа иерархий, отличающаяся реализацией экспертного и иерархического подходов с элементами попарных сравнений;

– разработан алгоритм выделения значимых концептов для оценки интернет-ресурсов организационной системы при анализе и прогнозировании ее устойчивого развития, отличающийся интеллектуализацией использования интернет-статистики пользователей ресурсов, повышающей достоверность результатов;

– предложена и реализована структура программного комплекса экспресс-анализа текущего состояния процессов управления в слабоструктурированной организационной системе и его прогнозирования, отличающаяся реализацией механизмов встраивания в инструментальные программные системы.

Теоретическая значимость исследования заключается в развитии инструментария моделирования и алгоритмизации процессов принятия решений с учетом специфики функционирования слабоструктурированных организационных систем.

Практическая значимость работы заключается в:

- возможности применения разработанных моделей и алгоритмов для обеспечения поддержки процессов принятия управленческих решений при реализации адекватной решаемым задачам структуры организационной системы, а также в условиях их оперативной корректировки;
- возможности применения разработанных средств для прогнозирования динамики поведения слабоструктурированных организационных систем, а также управления их развитием и функционированием.

Обоснованность результатов исследования подтверждается корректным использованием математического аппарата при формализованном описании и реализации рассмотренных в работе задач.

Достоверность результатов исследования базируется на данных сравнительного анализа результатов вычислительных и натуральных экспериментов и теоретических исследований.

Положения, выносимые на защиту:

- модели интеллектуализации управления процессами функционирования слабоструктурированных организационных систем и предложенные критерии оценки их эффективности позволяют получать результаты, обладающие необходимой достоверностью в условиях неполноты и нечеткости доступной для мониторинга информации;
- предложенные способы оценки состояния объекта исследования обеспечивают эффективное управление развитием и функционированием слабоструктурированных организационных систем;
- алгоритм поддержки процесса принятия решений, связанных с выбором новых интеллектуальных платформ и технологий, позволяет обеспечить требуемый уровень эффективности функционирования организационных систем;
- алгоритмы поддержки принятия решений по адаптации к динамике внутренних и внешних условий функционирования на основе принципов обратной связи позволяют содержательно отслеживать результаты сценарного анализа.

Реализация и внедрение результатов работы осуществлены:

- при планировании и проведении мероприятий по разработке программы развития территориальных образовательных учреждений Южного региона России (2021–2025 гг.);
- при проведении организационно-штатных мероприятий в ЧОУ ВО «Южный университет (ИУБиП)» (2021–2025 гг.);
- при выполнении научно-исследовательской работы по теме «Исследование связности компонентов единого информационного пространства региона (образовательный аспект)» (2025 г) (с внедрением в учебные процессы ЧОУ ВО «Южный университет (ИУБиП)» и ФГБОУ ВО Ростовский государственный университет путей сообщения» (РГУПС)).

Апробация результатов исследования. Основные результаты работы докладывались и обсуждались на ряде научно-практических конференций всероссийского и международного уровня, среди которых: VII–X международные социально-экономические форумы «Интеллектуальные ресурсы – региональному развитию» (Ростов-на-Дону, 2019–2023 гг.); 9–12th International Conference on Theory and Application of Soft Computing, Computing with Words and Perception, ICSCCW (Budapest, Hungary, Warsaw, Poland, Prague, Czech Republic, 2019–2023); международные научно-практические конференции «Транспорт: наука, образование, производство» («Транспорт-2021», «Транспорт-2022» и «Транспорт-2023», «Транспорт-2024», Ростов-на-Дону, 2021–2024 гг.); Международная научно-практическая конференция «Информационная безопасность: вчера, сегодня, завтра» (Москва, Российский государственный гуманитарный университет (РГГУ), 2020–2022 г.); VIII и IX международные научно-практические конференции «Инновационные технологии в науке и образовании» («ИТНО 2020», «ИТНО 2021», г.Ростов-на-Дону, 2020–2021 гг.), Международная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России» («ТрансПромЭк»), Воронеж, 2021 г.), а также на научных семинарах кафедры «Информационные технологии и прикладная математика» ЮУ (ИУБиП) (2021–2026 гг.).

Публикации. По теме диссертации опубликованы 22 научные работы в ведущих российских научных изданиях, в том числе 7 – в рецензируемых научных изданиях перечня ВАК Минобрнауки РФ, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора наук и кандидата наук, а также в 6 зарубежных изданиях (индексируемых в библиографической и реферативной базе данных Scopus). По результатам диссертационных исследований разработан программный комплекс, включающий 7 программ, на которые получены свидетельства о государственной регистрации.

В указанные публикации включены результаты работы, проведенной непосредственно автором, основные выводы и положения диссертации.

Структура и объем работы. Диссертация включает в себя введение, четыре главы, заключение, список литературы, работа изложена на 134 страницах, содержит 41 рисунок, одну таблицу, список литературы из 123 наименований.

Глава 1. ПРОБЛЕМАТИКА ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ В ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ СО СЛАБОСТРУКТУРИРОВАННЫМИ ИНФОРМАЦИОННЫМИ СВЯЗЯМИ

В первой главе проведен анализ моделей и способов цифрового управления в организационной системе. В ней уточняются основные понятия предметной области, в частности понятие слабоструктурированной системы. Появившиеся тенденции к цифровизации управления в организационных системах предполагают включение в контур управления компонентов с элементами искусственного интеллекта, тесно взаимодействующими с человеческим интеллектом. Речь идет о гибридном человеко-машинном интеллекте, для которого характерны так называемые НЕ-факторы [55, 71]: неточность, неполнота, недоопределенность, нечеткость и т. д.

Модели, описывающие эргатические системы управления (ЭСУ) [40, 52] и соответствующий математический аппарат, используют нечеткие (мягкие) методы и вычисления. Имеются и хорошо проработаны методы мягкого (субъективного) моделирования, в частности метод анализа иерархий (Т. Саати) [85], когнитивное моделирование, связанное с работами Б. Коско, Б. В. Силова, А. А. Кулинича [56, 123] и др.

В работе введено понятие интеллектуального управляющего модуля (ИУМ) как основного компонента современной эргатической системы управления организацией. Показано, что в его задачу должно входить осуществление информационной, алгоритмической и методической поддержки деятельности лиц, принимающих решения (ЛПР), при обработке управленческой информации. Сформулированы требования к характеристикам, параметрам ИУМ и его компонентам.

Существует необходимость развития и реализации математического аппарата представления информационных процессов управления, обладающих реальной нечеткостью. Рассмотрены вопросы достаточности существующих

информационных технологий для решения вопросов цифровизации этих процессов. Сформулирована общая задача исследования.

Основные результаты исследований, изложенные в настоящем разделе, опубликованы автором в работах [3, 2, 6, 122]. Порядок исследований, проведенных в работе, может быть представлен схемой, приведенной на рисунке 1.1.

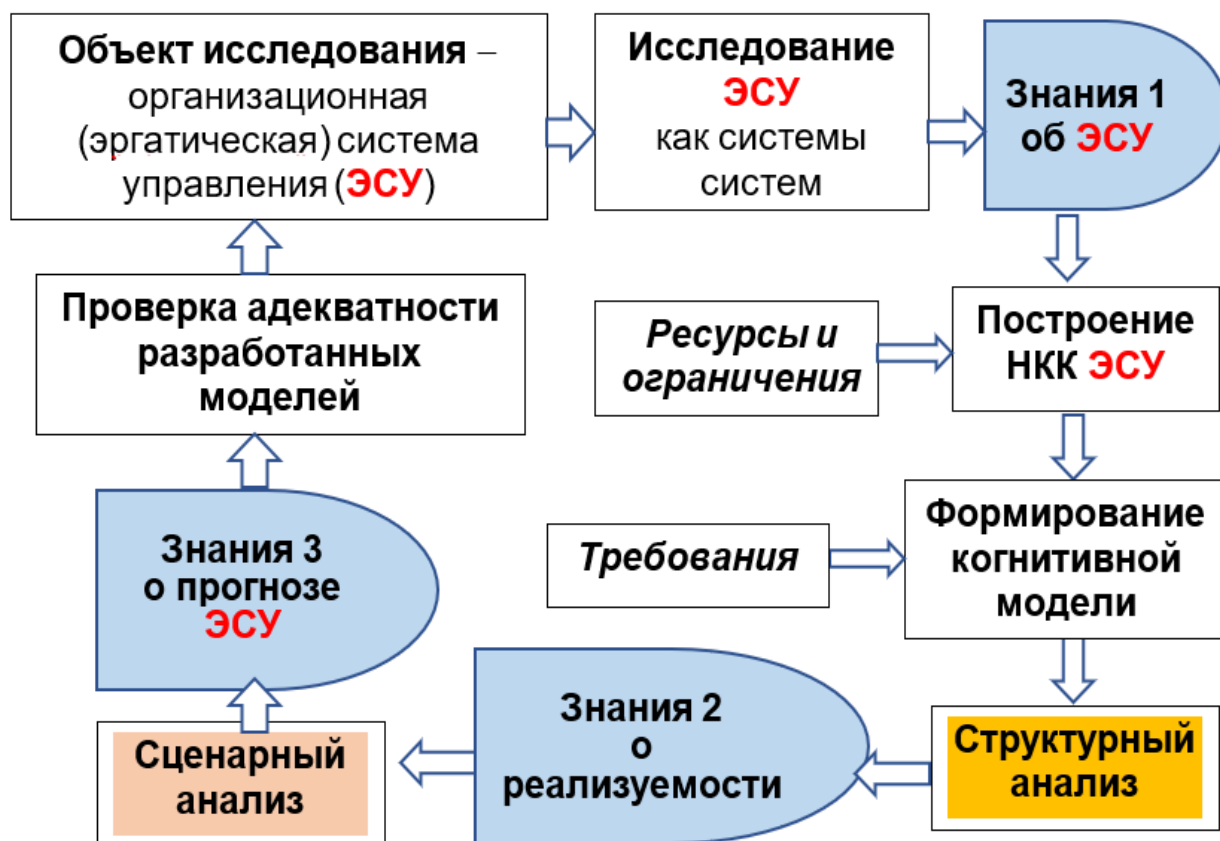


Рисунок 1.1 – Схема исследований в рамках темы диссертации

1.1 Анализ свойств доступной для измерения информации в организационных системах

Рассмотрим современное состояние области исследования, уточним основные понятия предметной области, в частности понятие образования как процесса, как результата и как совокупности социально-экономических учреждений. Покажем, что для успешного социально-экономического развития региона (СЭРР) необходимо реализовать целенаправленное исследование

состояния и перспектив кадрового потенциала. Для этой цели была построена когнитивная модель (см. рисунок 1.1), учитывающая основные факторы, влияющие на процесс СЭРР.

Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» № 273-ФЗ от 29 декабря 2012 г. (в ред. от 08.03.2026 № 45-ФЗ) [96] указывает на важность цифровизации образования в начале XXI века.

Образование является сложным и многогранным феноменом, который изучается различными науками, такими как:

- философия: исследует сущность образования, его роль в обществе и истории;
- социология: изучает образование как социальный институт, его влияние на общество и взаимодействие с другими институтами;
- политология: анализирует политические аспекты образования, его регулирование, финансирование и управление;
- педагогика: фокусируется на теории и практике преподавания и обучения, методах и подходах к образовательному процессу;
- психология: изучает познавательные процессы, мотивацию, развитие личности в контексте образования;
- экономика: анализирует экономические аспекты образования, его стоимость, эффективность и влияние на экономику;
- эдукология: рассматривает образование как целостную систему, изучает ее закономерности и процессы.

Именно интеграция подходов к изучению образования как процесса позволяет разрабатывать эффективные методы организации образовательного пространства. Тем более поле деятельности в этом направлении достаточно обширно. Картина, отражающая состав учреждений высшего образования в стране и регионе, на 2024 год отражена в цифрах на рисунке 1.2.



Рисунок 1.2 – Состав учреждений высшего образования в стране и регионе

Понятие образования означает «создание образа, некую завершенность обучения и воспитания в соответствии с определенной возрастной ступенью. В это понятие включают целенаправленно организованный процесс управления социализацией, т. е. развитием, самоопределением и самореализацией личности, процессом вхождения индивида в социальную среду, овладением им навыками практической и теоретической деятельности, преобразованием реально существующих отношений в качестве личности» [34].

Отметим ключевые моменты такого определения:

1 *Создание образа*: образование формирует не только знания и навыки, но и «образ» человека, его личность, ценности, способности. Это означает, что образование влияет на внутренний мир человека, его самовосприятие и место в обществе.

2 *Завершенность обучения и воспитания*: образование – это не просто накопление информации, а процесс формирования целостной личности, готовой к жизни в обществе.

3 *Управление социализацией*: образование не просто передает знания, но и управляет процессом вхождения человека в общество, помогает ему определяться в жизни, развиваться и реализовывать свой потенциал.

4 *Овладение навыками*: образование предоставляет возможность овладеть практическими и теоретическими навыками, необходимыми для успешной деятельности в различных сферах жизни.

5 Преобразование отношений: образование способствует изменению отношений человека к себе, к людям, к обществу в целом. Оно помогает формировать ценности, убеждения и моральные принципы.

В целом такой подход к определению термина «образование» отражает его глубокое значение и многоплановость. Он не ограничивается только передачей знаний, но включает в себя формирование личности, ее социализацию и развитие. В качестве варианта модели образования может быть выбрана трехкомпонентная система, включающая основные миссии университета: первая – собственно формирование знаний по специальности, вторая – формирование научно-исследовательского опыта и третья – отношение «человек и общество» (рисунок 1.3).

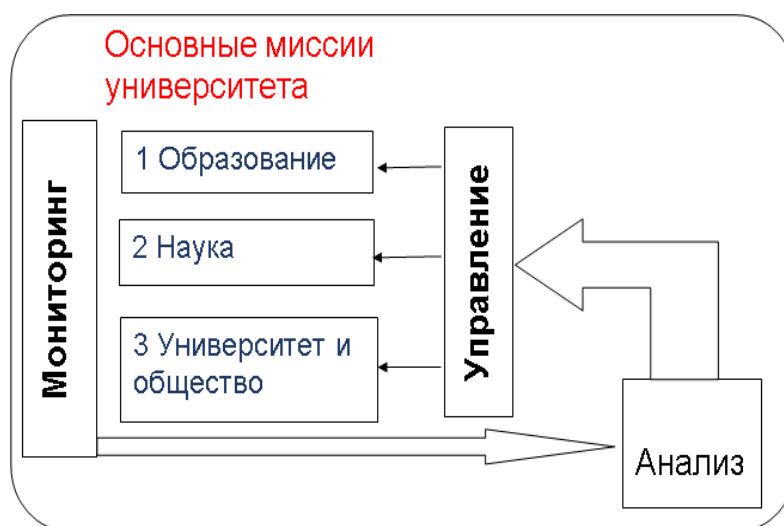


Рисунок 1.3 – Основные миссии вуза как управляемой системы

Использование такого подхода рассмотрим подробнее в четвертом разделе. В данном случае отметим, что практически все доступные для измерения свойства компонентов этих миссий относятся к слабоструктурированным, то есть оцениваемым качественными мерами.

Эти миссии взаимосвязаны и обеспечивают в каждой стране уникальную систему по типу *System of Systems* (подробнее об этом см. далее, в п. 1.3). На их основе формируются отечественные и международные рейтинги организаций.

Обратимся к теме и цели данного исследования и акцентируем внимание не столько на всеобщем образовании, но скорее на таком, которое позволит решать социально-экономические проблемы региона, на экономическом образовании. При этом с учетом тенденции на цифровизацию вуз как объект управления рассматривается в виде человеко-машинной [102, 103] эргатической системы

1.2 Анализ применения методов прогностического моделирования для управления стратегией развития вуза как организационной системы

ИУМ как основа LMS (Learning Management System) современного учебного процесса включает:

1) *организацию* обучения: используется для планирования и проведения как традиционных, так и дистанционных занятий;

2) *управление учебными материалами*: позволяет создавать, хранить, распространять и контролировать доступ к учебным материалам;

3) *визуальную учебную среду*: обеспечивает удобную и интуитивно понятную среду для обучения, позволяя задавать последовательность изучения материала.

При этом:

– системы должны соответствовать формату обучения, спецификам специальностей, программам подготовки, объему задач и т. д.;

– должны учитываться достоверность данных, сложность оборудования, методы обработки информации;

– должен осуществляться контроль динамики обучения.

Функции интеллектуального управляющего модуля:

1 *Обработка информации*: ИУМ должен принимать исходную информацию, обрабатывать ее, вычислять классифицирующие признаки и передавать результаты в систему управления обучением.

2 *Алгоритмы и программное обеспечение*: ИУМ должен предоставлять преподавателю или системе искусственного интеллекта алгоритмы и программное обеспечение для обработки стандартных учебных ситуаций.

Важные аспекты при формировании ИУМ:

– *перспективные инструменты*: искусственные нейронные сети, робототехнические системы (РТС);

– *индивидуальные программы обработки*: ИУМ должен быть достаточно гибким, чтобы позволять создавать индивидуальные программы обработки данных для каждой задачи.

Очевидно, надо подобрать адекватный задачам, решаемым при управлении организационной системой, понятийный аппарат математических исследований.

Комплекс требований к программно-аппаратным средствам [104] ИУМ включает как количественные (измеримые) показатели, так и качественные (не всегда легко измеримые или оцениваемые) характеристики.

Количественные показатели:

- 1) скорость обработки данных (мс, с);
- 2) объем хранимой информации (Гб);
- 3) доступность системы (%);
- 4) точность вычислений (%).

Качественные показатели:

- 1) понятность интерфейса (простота, интуитивность);
- 2) надежность системы (стабильность, безопасность);
- 3) гибкость системы (возможность адаптации к изменениям образовательного процесса);
- 4) эффективность системы (достижение целей обучения).

В рамках теории нечетких множеств можно определить нечеткие множества для каждого качества и присвоить им лингвистические значения (например, «высокое», «среднее», «низкое»). С помощью нечетких логических операций можно создать правила для оценки качества программ на основе конкретных значений количественных и качественных показателей.

1.3 Использование системного подхода при управлении слабоструктурированными связями в организационной системе

Современные системы, в том числе и организационные, представляют собой сложные образования, которые получили название «системы систем» – *System of Systems (SoS)*. Этот термин получил широкое распространение, многие авторы вносят свои уточнения в его трактовку, поэтому зафиксируем основные положения по SoS, принятые в данном исследовании.

Очень небольшое количество действующих систем сегодня являются автономными. В основном это системы стратегического назначения или обладающие определенными особенностями, например, в энергетике – атомные электростанции.

Стратегические системы, системы космического назначения и мониторинга, глобальные спутниковые сети, в том числе системы двойного назначения, используют архитектуру и таксономию системы систем. На сегодняшний день все отрасли народного хозяйства, в том числе высокотехнологичные, в той или иной степени используют, входят в состав или являются SoS. Не является исключением и современное образование как система.

Отрасли, в которых SoS получили наибольшее распространение:

- телекоммуникации и системы связи, в первую очередь всемирная система объединенных сетей Интернет;
- средства массовой коммуникации и информации: социальные сети и мессенджеры, радио и телевидение;
- транспортная отрасль: все виды транспорта и управление их логистикой, а также интеллектуальные транспортные системы;
- энергетическая отрасль, использующая энергетические ресурсы всех видов;
- отрасль здравоохранения, включая разноуровневые системы управления по организации охраны здоровья населения, в том числе системы поддержки принятия решения врачей, системы персонифицированной медицины;

– природопользование – управление природными ресурсами, недропользование;

– системы гражданской обороны, включая аварийно-спасательные, противопожарные, и другие системы, которые позволяют прогнозировать масштаб события, реагировать на катастрофы и стихийные бедствия;

– экологические системы, в том числе системы мониторинга окружающей среды;

– информационно-вычислительное обслуживание, умные технологии, интернет вещей, системы интеграции данных (на физическом, логическом и семантическом уровнях), системы безопасности [31];

– отрасль финансово-кредитной деятельности;

– системы государственного управления (например, официальный интернет-портал государственных услуг «Госуслуги»), корпоративные информационные сети;

– народное образование как отрасль; системы мониторинга на всех уровнях обучения, в том числе использование блокчейн-технологий для отслеживания персонифицированных достижений обучающегося; использование глобальных и международных цифровых обучающих платформ.

Как видно из приведенного списка, образование – это одно из множества направлений применения SoS.

Использование SoS позволяет получать больше выгоды, возможностей, производительности, чем при использовании только одной замкнутой сложной системы. Растет возможность интеграции независимых систем, расширяется сфера использования интеллектуальных систем (искусственного интеллекта – ИИ) для получения единой производительной системы.

1.3.1 Общие положения из области SoS

Необходимо уточнить, как взаимодействуют отдельные системы в системе систем, так как для их использования необходимо, чтобы разнородные и

независимые отдельные системы работали между собой и координировали совместные действия.

Концепция понимания SoS представляет собой объяснение взаимодействия между всеми независимыми частями систем, то есть система систем – это такая надсистема, которая состоит из некоторого множества других элементов, которые сами являются независимыми сложными системами. Системы образования всех стран имеют тысячелетний опыт, сложившуюся структуру и архитектуру, со своими особенностями, связанными с менталитетом, религией, территорией проживания и т. д.

Проблемами развития теории, практики, таксономии, стандартизации SoS занимается большое количество ученых: Мо Джамшиди (Mo M. Jamshidi), А. И. Левенчук, М. В. Майер (Mark W. Maier), Дерек Хитчинс (Derek K. Hitchens), А. Косяков, А. Холл (Arthur D. Hall) и многие другие, а также международные коллаборации ученых в области стандартизации. Основными заинтересованными сторонами (стейкхолдерами) в разработке этой концепции являются: профессиональные сообщества, например, инженеров и программистов, университеты, фонды, корпорации, правительственные агентства и министерства, в том числе стратегические ведомства.

Для создания успешных систем любого масштаба и назначения применяется междисциплинарный подход, который объединяет управление системными решениями и техническое руководство и называется *системная инженерия*. Он позволяет организовать работу над очень сложной задачей с максимальной эффективностью. Системный инженер – это тот, кто организует, сопровождает и отвечает за благополучие системы.

Системная инженерия помогает разработчикам систем в формировании мировоззрения, определяет сферу их ответственности, предлагает рабочие инструменты; позволяет при решении проблем видеть всю систему в целом. Основу теории и методов составляют общая теория систем и информации, системный подход и анализ, математическая логика и статистика, а также другие

элементы науки и практики, сформировавшиеся на базе удачных проектов и разработок.

Метод системной инженерии включает следующие компоненты, отраженные на рисунке 1.4.

Концепции (абстрактные представления о предмете)			
↓			
Подходы			
↓	↓	↓	↓
системный	синергический эффект (синтез)	холизм	<u>Организмизм</u>
↓			
Принципы (правила и нормы)			
Был	подход	Стал	
редукционистский	→	Системный	
<u>монодисциплинарный</u>	→	Междисциплинарный	
структурный	→	Процессный	
рабочее проектирование и конструирование	→	архитектурный проектный	
непосредственная реализация	→	<u>моделецентричная реализация</u>	
одна группа описаний	→	множественность групп описаний	
приоритет документов	→	приоритет данных	
единая верификация	→	раздельные верификации и валидации	
технологический конвейер управления жизненным циклом	→	заказ — поставки управления жизненным циклом	
работа для одного заказчика	→	работа со множеством стейкхолдеров	
методы жесткого планирования	→	использование гибких прогнозных методов	

Рисунок 1.4 – Компоненты системной инженерии

Согласно утверждениям Д. Хитчинса [101], правила системной инженерии непосредственно связаны с концепциями систем (система, жизненный цикл, стейкхолдер, успешность системы, альфа-идеальный рабочий продукт), инженерии

и управления, базируясь на идеях всеинженерных, технических и социальных систем [31, 32, 67].

Исследования в сфере разработок демонстрируют стабильность в этапах жизненных циклов систем, что приводит к достаточно жесткой формализации процесса. Согласно текущему пониманию системная инженерия предназначена для всестороннего анализа больших сложных высокотехнологичных систем.

Создание таких систем требует особого внимания к процедурам разработки, проектирования, построения архитектуры, включая все промежуточные этапы, чтобы осуществлялось эффективное управление жизненным циклом системы (рисунок 1.5) [30].

Деятельность			
организационно- управленческая	проектно- управленческая	проектно- инженерная	технологическая

Рисунок 1.5 – Структура управления в системной инженерии [23, 28]

Для коллективной работы при реализации проектов необходимо обладать знаниями и навыками системного мышления – это ядро, основа любого системного метода [29].

Успешность взаимодействия частных систем с другими целевыми системами и подсистемами, их развитие, вхождение, выход, эволюция зависит от возможности внешнего поощрения и согласования архитектуры – этим занимается инженерия систем. Наглядным примером служат управляемые системы, в которых есть назначенный архитектор, отдающий указания, выделяет ресурсы, команда исполнителей имеет ограничения по количеству участников.

При избыточном количестве стейкхолдеров система не будет успешной, так как невозможно учесть в полной мере все поступающие запросы и интересы и, соответственно, повышается время выполнения и сложность управления. Необходимо применять системное мышление аккуратно, прогнозируя варианты развития событий и их последствия [30].

Принципы и практика классификации, то есть таксономия термина «система систем», иногда интерпретируют его как совместную систему или

коллоборативную систему, подразумевая системы сотрудничества; а архитектура является нефизичной и предполагает наличие набора стандартов, обеспечивающих коммуникацию посредством интерфейсов между сущностями и компонентами. Таксономическое различие базируется на оперативной и управленческой независимости элементов системы. Следует различать SoS, которые были организованы под определенные функции и цели, управляют поведением, появляющимся в результате совместного взаимодействия без центрального руководства.

Многие проблемы в разработке SoS можно определить на раннем этапе, до того, как будет проведена классификация в отношении единой системы по сравнению с системой систем либо в отношении категории внутри системы систем [29]. Неправильная классификация является следствием проблем обеспечения и стимулирования сотрудничества, а не географического распределения или сложности. Особенно важно создать архитектуру для надежного сотрудничества, когда прямой контроль невозможен.

Оценка соответствия системе систем базируется на ряде критериев:

1 Эксплуатационная (операционная) независимость компонентов – система может быть разбита на составляющие системы, работающие самостоятельно.

2 Управленческая независимость компонентов – компоненты самоорганизованы в выполнении задач заказчика, в том числе способны реагировать на непредвиденные события.

3 Архитектурные принципы построения системы систем обусловлены в большей степени интерфейсами, в меньшей – компонентами, которые должны быть разделены, но при этом сохранять желаемое эмерджентное поведение. Архитектура должна в полной мере обеспечивать сотрудничество между всеми элементами и при этом не учитывать географическое распределение, за это отвечают интерфейсы отдельных компонентов.

В результате разработки необходимо учитывать:

– соблюдение последовательности всех этапов жизненного цикла, в том числе наличие стабильных промежуточных форм;

- жесткую сортировку применяемых политик, разделение их на уровни влияния и отсутствие повсеместного контроля над конфигурацией;
- разделение контроля, которое осуществляется через логические и физические интерфейсы;
- разработку политик поощрения добровольного сотрудничества и межсистемной коммуникации [5].

Сложность компонентных систем и географическое распределение являются важными элементами оценки системы систем.

Сложная система включает не только структурные элементы, но и отношения между ними. Она состоит из некоторого набора подсистем, которые, если являются сложными, можно еще разделить на подсистемы, таким образом, получается иерархическая структура. Ее наличие позволяет понимать и описывать такие системы и их части. Если двигаться по иерархии вниз, то элементы более низкого уровня будут элементарными или первичными по отношению к элементам более высокого уровня. На каком уровне остановиться, зависит от целей исследования. Целостность сложной системы достигается, если внутренние связи ее подсистем сильнее, чем связи между этими подсистемами. Это позволяет рассматривать более низкие структурные уровни и изучать каждую часть системы отдельно [54].

Иерархию сложных систем можно представить как пирамиду, на вершине которой находится система систем (рисунок 1.6).

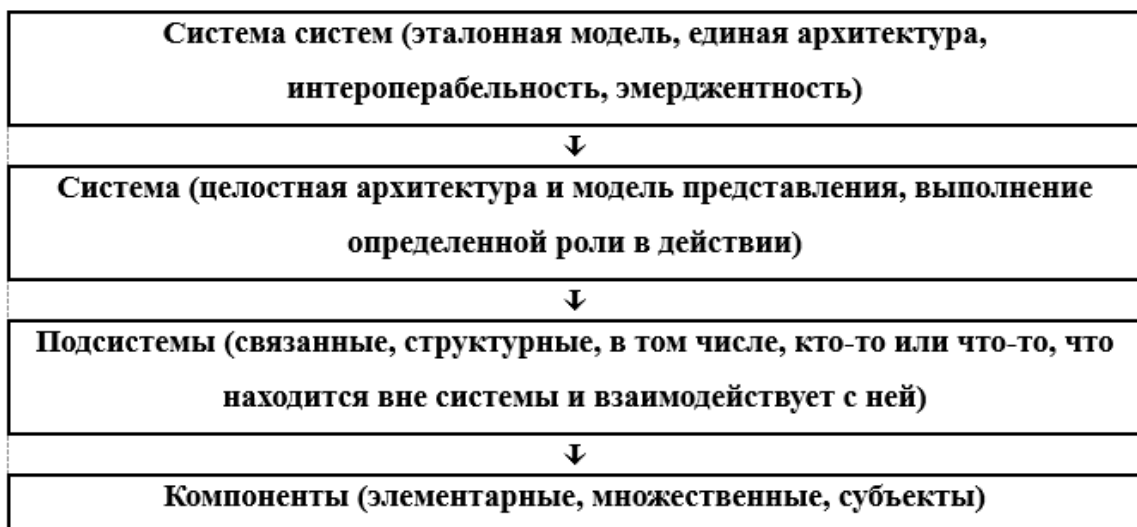


Рисунок 1.6 – Иерархия сложных систем

На уровне системы систем основными моментами являются обеспечение интероперабельности и архитектуры предприятия. Остальное объединяет общую теорию систем (ОТС), архитектуру системы, модели представления.

Термин «система систем» (System of Ssystems, SoS), который хоть и используется с пятидесятых годов двадцатого века для описания систем, состоящих из независимых систем и действующих совместно для достижения общей цели посредством синергизма между ними, и является понятием широко распространенным и общепризнанным, но при этом довольно часто требуется уточнить, что подразумевается и что скрывается за этим понятием, то есть какими отличительными особенностями обладает и чем отличается от обычных или просто систем (рис. 1.7).

Проблема	Система	Система систем (SoS)
Пользователи	Все составляющие известны и видимы	Сущность, собирающая SoS, может не знать составляющих до времени выполнения. Учредитель может не знать, что он является частью SoS
Цель	Заранее определяется владельцем системы (ВС)	Непрерывно развивающиеся, определяемые совместно и могут быть известны или неизвестны системам, участвующим в SoS
Контроль	Иерархическая структура с общим контролем ВС	Владельцы систем, участвующие в SoS, могут контролировать только свои системы. Сущность, собирающая SoS, имеет контроль над сборкой, но не над участвующими системами
Требования	Определяется и управляется ВС	Системы, участвующие в SoS, должны предвидеть, как она будет использоваться
Владение	Все принадлежат, обслуживаются и развиваются ВС	Составляющие SoS находятся в независимом владении, поддержке и развитии

Рисунок 1.7 – Сравнительные характеристики системы и системы систем [95]

В SoS отдельные системы представляют собой полноценную целевую систему и могут существовать автономно, так как были разработаны и функционируют независимо друг от друга [33].

Согласно определению, которое дал М. Джамшиди, SoS – это объединение конечного числа составляющих системы, которые являются независимыми и функционирующими и которые объединены в сеть на определенный период времени для достижения определенной высшей цели [122].

Существует несколько типов SoS, различающихся по степени их автономности.

1 Целевые, или управляемые, системы (*directed*): в них присутствует назначенный архитектор, который контролирует составляющие системы и распоряжается ресурсами.

2 Общепризнанные, или подтвержденные, системы (*acknowledged*): в таких системах архитектор есть, но он может только «уговаривать» системы самоизмениться согласно его архитектуре.

3 Коллаборативные, или сотрудничающие, системы (*collaborative*): в них все системы согласовывают действия друг с другом, но отсутствует единый орган управления (архитектор, менеджер проекта и т. д.).

4 Виртуальные системы (*virtual*): в этих системах составляющие не взаимодействуют друг с другом явно, и каждая система функционирует независимо.

SoS отличаются от обычных систем следующими критериями:

1 *Эксплуатационная и административная независимость*: отдельные системы SoS не подчиняются единому управлению, каждая развивается и работает автономно.

2 *Эмерджентность*: совместная работа элементов SoS порождает новые свойства, отсутствующие у каждого элемента по отдельности.

3 *Эволюционное развитие*: из-за отсутствия единой точки управления, развитие SoS непредсказуемо и требует постоянных исследований.

4 *Географическое распределение элементов*: составляющие SoS могут находиться в разных местах.

5 *Динамическая организационная структура*: SoS способна к самоорганизации, адаптируясь к изменениям в окружении и поставленным целям.

При этом эмерджентность – это свойство системы, когда ее целое обладает новыми качествами, не присущими ее частям. Это явление также называют синергией, холизмом, системным эффектом, «сверхаддитивным эффектом и некомпозициональностью» [122].

В целом системы систем представляют собой сложные, многоуровневые структуры, характеризующиеся высокой степенью автономности и способностью к самоорганизации и адаптации к изменениям в окружающей среде.

Чтобы система систем работала как единое целое, необходимо договориться о протоколах взаимодействия.

Составляющие системы в SoS можно описать как набор субъектов, так как обладают собственным поведением, работают асинхронно, автономно, требуют определенных концепций и шаблонов обобщения (парадигмы) (рисунок 1.8) [67].

Составляющие	Уровни
Моделирование <u>SoS</u>	Ситуативная осведомленность — восприятие элементов и событий окружающей среды во времени или пространстве, понимание их значения и проекция их будущего статуса
Построение структуры <u>SoS</u>	
Общая картина деятельности	
Справочные базы данных	Владение ситуацией — умение использовать любые сложившиеся обстоятельства себе на пользу
Моделируемый реальный мир	

Рисунок 1.8 – Структура SoS

1.3.2 Архитектура системы систем и интероперабельность

Архитектура системы включает «основные понятия или свойства системы в окружающей среде, воплощенной в ее элементах, отношениях и конкретных принципах ее проекта и развития» [34]. Основная цель архитектуры SoS –

обеспечить создание качественной интеграции системы, которая позволит достичь поставленных целей: «Качество архитектуры определяется степенью снижения рисков на всех этапах жизненного цикла» [33].

Эффективная архитектура системы систем позволяет решить ряд важных задач на всех этапах ее жизненного цикла.

В целом архитектура SoS играет ключевую роль в успешном создании сложных систем, обеспечивая их планирование, согласованность работы, высокое качество и эффективную эксплуатацию.

Архитектура как основа взаимодействия:

– архитектура – это не просто набор элементов, а совокупность правил и взаимодействий между ними. Эти правила выражаются как в данных, так и в процедурах их обработки;

– важным моментом является семантика, то есть *смысл* информации. Именно она обеспечивает согласованность и взаимопонимание между разнородными подсистемами.

– архитектура создает единую метасистему, которая объединяет различные подсистемы в рамках одного контекста.

Иначе говоря, «семантическая особенность информации в системе лежит в основе интерфейсов между разнородными подсистемами в контексте одной всеобъемлющей метасистемы» [34]. Модель содержания метасистемы можно представить в виде схемы, изображенной на рисунке 1.9.



Рисунок 1.9 – Модель метасистемы

Наиболее значимым свойством SoS является обеспечение интероперабельности¹, оно работает, если заложить еще на стадии проектирования принципы открытых систем, использовать международные и фактические стандарты [50].

Обеспечение интероперабельности – это набор правил, следование протоколу, привлечение дополнительных ресурсов, которые обеспечивают связь независимо от разработанных систем [50].

Интероперабельность – «способность к взаимодействию продукта или информационно-технологических систем, посредством открытых интерфейсов, без ограничения доступа и реализации; в том числе обмен информацией и совместное использование передаваемой информации. При этом нет необходимости знать текущие рабочие характеристики задействованных функциональных устройств» [40–49].

Интероперабельная организационная система – такая система, в которой подсистемы работают автономно (как активные системы [50]), но следуют единым стандартам, определяемым «профилем интероперабельности».

И, если совместимость – это возможность двух систем разного типа взаимодействовать, то интероперабельность – это более широкое понятие, включающее в себя открытость и независимость от конкретных технологий.

Функциональная совместимость – это частный случай интероперабельности, «основанный на открытых стандартах и позволяющий взаимодействовать с будущими системами» [47].

В результате можно наблюдать ситуации, как и когда системы могут и будут взаимодействовать и взаимно влиять друг на друга [50].

При этом взаимодействие происходит на разных уровнях, что позволяет:

– согласовывать стандарты и правила внутри организации с внешними требованиями, чтобы обеспечить единый и эффективный подход к работе (рис. 1.10);

¹ ГОСТ Р ИСО/МЭК 15704-1–2003. Информационные технологии. Интероперабельность. Концепции и определения. М.: Стандартинформ, 2019. 20 с.

– создать единую систему, позволяющую взаимодействовать между различными элементами системы (отдельные отделы, организации, и т. д.), что гарантирует плавную работу и координацию действий (рис. 1.11).



Рисунок 1.10 – Семантическая интероперабельность и визуализация данных

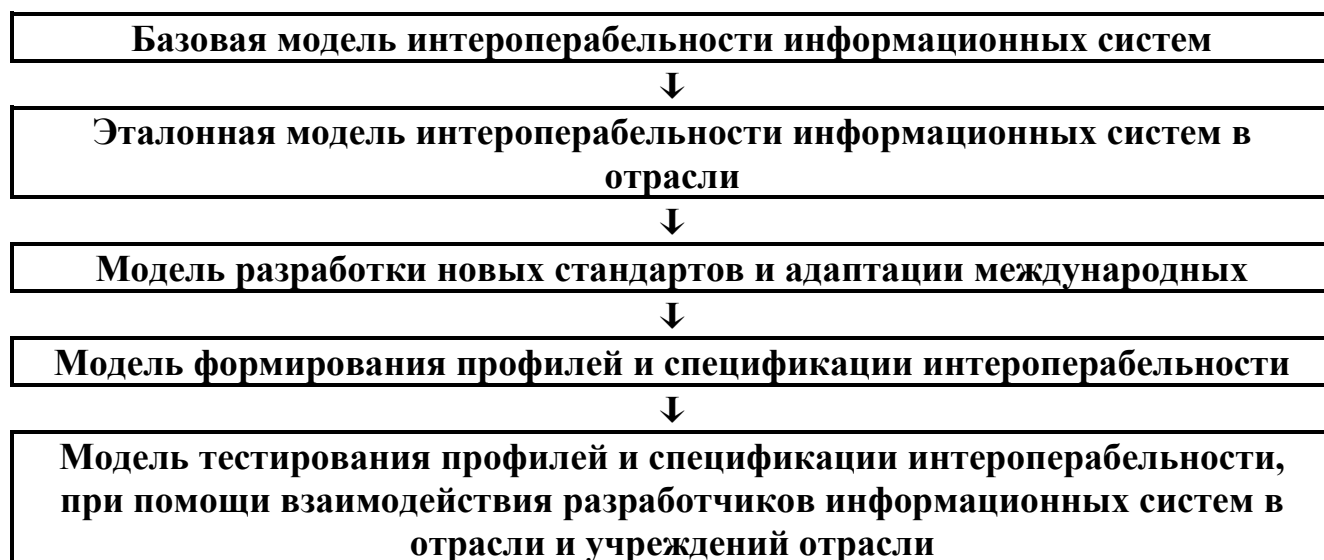


Рисунок 1.11 – Модель интероперабельности

В конечном итоге это приводит к более эффективному взаимодействию как внутри системы или организации, так и вне нее. Вариант такой системы уровней приведен в работе [49] (рисунок 1.12).

Уровень	Вид интероперабельности			
0	Отсутствие			
1	Физическая			
2	Синтаксическая			
3	Семантическая	Прагматическая	Динамическая	
4	Консолидационная			
5	Координационная	Концептуальная	На основе обмена	Интеграционная

Рисунок 1.12 – Виды интероперабельности при взаимодействии систем

В России активно используются собственные стандарты, а также переводы международных стандартов ИСО/МЭК, направленные на обеспечение совместимости технологий. Это позволяет создавать единую систему, где различные системы и устройства могут взаимодействовать друг с другом, обеспечивая преемственность и совместимость.

Открытые стандарты играют ключевую роль в развитии этой системы, так как они:

- универсальны: позволяют использовать технологии разных производителей, что способствует развитию конкуренции и снижению цен;
- унифицированы: упрощают разработку и внедрение новых продуктов, так как разработчикам не нужно «изобретать велосипед»;
- создают экосистему: позволяют интеллектуальным продуктам взаимодействовать друг с другом, открывая новые возможности для пользователей.

Чем больше компаний организаций используют открытые стандарты, тем больше пользы получают все. Интеллектуальные продукты смогут взаимодействовать в единой экосистеме, предоставляя новые возможности для пользователей и открывая новые горизонты для инноваций. Чем больше компаний используют открытые стандарты, тем больше пользы получают все.

Интеллектуальные продукты смогут взаимодействовать в единой экосистеме, предоставляя новые возможности для пользователей и открывая новые горизонты для инноваций.

1.3.3 Система систем в образовании как организационной системе

Современная система образования является разнородной структурой, состоящей из большого набора систем: нормативных, информационных, обеспечивающих, территориальных. Зачастую информационные системы призваны структурировать весь объем информации и должны создавать условия для взаимодействия различных структурных подразделений – как ведомственных, межведомственных, так и международных. При этом онлайн-образование призывает стирать географические границы и создавать единую коммуникационную среду. Обеспечение интероперабельности в таких информационных системах является основным принципом их построения [50].

Существует сложившаяся, но при этом постоянно меняющаяся система образования – как российская, так и международная. В ней присутствуют разные уровни образования: высшее, среднее, общее школьное, дошкольное, дополнительное и другие. За всю эту образовательную систему отвечают разные министерства – как в отдельно взятой стране, так и в международном масштабе.

В этой системе современный университет взаимодействует в той или иной степени со всеми элементами и структурами образовательной системы: международной и национальной системами образования, министерствами, ведомствами, другими образовательными учреждениями, структурными подразделениями внутри организации. При этом может возникать проблема передачи данных из-за уже внедренных информационных систем сопровождения бизнес-процессов. Зачастую не всегда системы правильно работают даже внутри одного университета.

Чтобы система работала, необходимо обеспечить преемственность архитектуры и интерфейсов, то есть для корректного существования образовательной системы систем требуется обеспечение интероперабельности

информационных систем. Кроме этого, информационные системы должны обеспечивать возможность поддержки разных программных продуктов одинакового назначения и синхронизацию протоколов.

При разработке организационной системы на принципах SoS необходимо определить, какие методы системной инженерии и инструменты будут наиболее эффективны в контексте поставленных целей.

Для построения SoS характерно соответствие следующим требованиям:

1. При увеличении масштаба увеличивается гибкость составляющих при росте ограничений на проектные решения.

2. Могут присутствовать и быть задействованы компоненты из разных предметных областей.

3. Возможность использования одних и тех же инструментов в разных или различных операционных процессах.

4. Множественные центры управления позволяют использовать децентрализованное управление.

5. Динамическое изменение условий работы системы, требований и технологий.

6. В один момент времени может осуществляться разная фаза или отмечаться несовпадение количества фаз жизненного цикла.

7. Необходима регулярная проверка и унификация требований, повышение уровня интеграции.

При соблюдении этих требований можно говорить о том, что система систем способна эволюционировать.

1.3.4 Цифровое образование и единое геоинформационное образовательное пространство

Дистанционное образование с применением технологий обучения посредством различных образовательных платформ стало уже форматом де-факто. Введем определения.

Образовательная среда – это «психолого-педагогическая реальность, сочетание уже сложившихся исторических влияний и намеренно созданных педагогических условий и обстоятельств, направленных на формирование и развитие личности обучаемого» [50].

Цифровая образовательная среда (ЦОС) – это открытая совокупность информационных систем, предназначенных для обеспечения различных задач образовательного процесса [49].

Слово «открытая» означает возможность и право любого пользователя использовать разные ИС в составе ЦОС, заменять их или добавлять новые, для этого в логике должны быть прописаны условия и открыто опубликованы правила [48].

Экосистема – такое построение информационных систем, которое не требует от сторонних разработчиков использовать специфические инструменты для своих продуктов: достаточно реализовать согласованный протокол обмена данными. Это позволяет обеспечить взаимодействие любых информационных систем в случае реализации этого протокола [47].

Цифровое образовательное пространство – это единое электронное образовательное пространство, где присутствует возможность получения верифицированной информации по определенной сертифицированной программе [45].

Геоинформационное цифровое образовательное пространство – это безбарьерная среда, которая предоставляет единые возможности для осуществления образовательной деятельности по определенной технологии без привлечения дополнительных программных, информационных или технических ресурсов [1].

Система систем должна учитывать при формировании образовательного контента особенности геоинформационного цифрового образовательного пространства [50].

Проблемы формирования образовательного контента:

– не соблюдаются требования к информации конечного пользователя;

– в системах отсутствует техническая и сопроводительная документация, что затрудняет обслуживание и обновление;

– системам не хватает интеграции;

– отсутствует или нерегулярно выполняется резервирование данных в корпоративных базах данных;

– проекты редко выполняются вовремя и в рамках бюджета;

– страдает качество;

– персонал разработчиков постоянно устраняет неожиданные проблемы;

– запасы улучшений никогда не сокращаются, а, наоборот, увеличиваются [45].

Геоинформационное образовательное пространство включает в себя [2, 15]:

1) открытую совокупность информационных систем;

2) цифровое пространство;

3) платформу;

4) портал;

5) экосистему.

Свойства геоинформационного цифрового образовательного пространства:

– цель (назначение системы) – обучение;

– распределено по разным регионам (странам);

– используется разное программное обеспечение;

– используется разное аппаратное обеспечение;

– разработаны, известны и используются правила взаимодействия между пользователем и системой.

Образовательные ресурсы, которые попадают под вышеописанные критерии:

1) электронное правительство (общепризнанная SoS, есть осознанные цели, назначенный руководитель, выделенные ресурсы);

2) сайт «Открытое образование» (<https://openedu.ru/>);

3) образовательный портал Coursera (<https://www.coursera.org/>);

4) сайт Минобрнауки (<https://minobrnauki.gov.ru/>).

Типовая архитектура системы образования может быть описана как онтология на основе тезауруса рассматриваемой предметной области:

- критерии отбора содержания для цифрового образования;
- подход на основе искусственного интеллекта;
- подход на основе онтологии;
- подход на основе синергетики (синергии).

Одной из перспективных и уже разработанных и внедряемых технологий в образовании в ближайшее время будут блокчейн-технологии, например, для отслеживания персонифицированных достижений обучающегося [4].

Наличие диплома об образовании уже сегодня не всегда является главным условием при приеме на работу. В сфере ИТ гораздо важнее, в каких проектах участвовал претендент и на каких позициях: например, в разработке программных средств на открытых площадках, таких как GitHub, и будут являться преимуществом при трудоустройстве [18].

При этом GitHub может использоваться как «платформа для хранения, совместного использования и работы с кодом. Она позволяет разработчикам хранить свои проекты в репозиториях, отслеживать изменения, делиться кодом и сотрудничать с другими пользователями» [18].

Технология расчета веса достижений в резюме по технологии блокчейн, игровой прогресс в обучении, например прокачка себя как персонажа игры, – уже сегодня являются широко применяемыми интерактивными и интеллектуальными технологиями при создании систем управления или ИСППР.

1.3.5 Оценка системы управления на основе мягких моделей

Рассмотрим метод оценки комплексной безопасности системы управления, например, образовательным учреждением, на основе мягких моделей. Реальные условия, в которых функционирует образовательное учреждение, насыщены многими присутствующими НЕ-факторами (неполнота, неточность, неопределенность, некорректность и др.), неблагоприятное сочетание которых способно не только представлять угрозу психическому и физическому здоровью всех участников образовательного процесса, но и создавать риски их жизни. В настоящем исследовании рассматриваются общие подходы к выявлению

информационных составляющих этих рисков, позволяющие за счет нечеткого агрегирования соответствующих показателей своевременно принимать решения по корректировке в системе управления.

Излагается обобщенный метод формирования оценки состояния образовательного учреждения с точки зрения безопасности. Для уточнения используемых групп оценки рисков приводится их классификация, а также экспертные оценки показателей. В случае, когда нормативные значения представляют собой нечеткие векторы требований, необходимо применять особый подход. Таким образом, предлагается учитывать большое количество параметров и оптимизировать вариант реализации системы по векторам требований.

В первую очередь вводятся критерии оценки состояния образовательного учреждения, оценивается значимость каждого из этих критериев, определяются нормативы и ограничения. Во вторую, находится уровень отклонений варианта альтернативы от эталона. В итоге происходит ранжирование по рассогласованиям, расставляются приоритеты, которые и лягут в основу окончательного решения.

Предлагаемый инструмент выполнения – Python (библиотеки Tkinter, matplotlib, openpyxl), позволяет построить интерфейс, графики, таблицы и интерпретировать результаты анализа. Разработанный алгоритм позволяет получить гармоничный набор итоговых решений и упростить процесс экспертной оценки, а также обеспечить выбор комплексных систем безопасности.

1.4 Постановка задач диссертационного исследования

Основная задача образовательной системы в российском вузе – подготовка специалистов, соответствующих требованиям государственных и ведомственных стандартов. Это означает достижение заданного уровня качества подготовки, определяемого нормативными документами Министерства науки и высшего образования РФ, а также ведомственными требованиями, например, для сотрудников МЧС, МВД, Министерства обороны РФ.

Управление качеством обучения в вузе основано на оценке и корректировке уровня подготовки. При помощи различных методов анализируются показатели и

критерии качества, а затем формируется вектор управляющих воздействий, направленный на достижение необходимого уровня подготовки.

Образовательный процесс в вузе рассматривается как сложная система со множеством взаимосвязанных показателей. Для эффективного управления этой системой необходимо выбрать наиболее значимые показатели, которые определяют качество обучения ($X_1, X_2, X_3 \dots X_n$).

Важным фактором является самоорганизация образовательного процесса. Это означает, что система способна самостоятельно адаптироваться и развиваться. Для успешного управления такой системой необходимо определить не только ключевые показатели, но и управляющие параметры, влияющие на их изменение.

Правильный выбор управляющих параметров – ключевой фактор для достижения высокого качества обучения. Корректно подобранные воздействия помогут оптимизировать образовательный процесс и повысить уровень подготовки специалистов.

Детали данной концепции основываются на исследованиях, представленных в работах [20, 26, 35, 39, 52].

В целом управление качеством образования в российском вузе требует комплексного подхода, учитывающего особенности образовательной системы, ее самоорганизующиеся свойства, а также четкое определение ключевых показателей и управляющих параметров. Структуру такого управления можно представить рисунком 1.13.



Рисунок 1.13 – Система общего управления вузом

Математическая постановка задачи исследования

Дано: X – нечеткий вектор уровня готовности организации к решению задач всех трех миссий университета;

$X_{\text{треб}}$ – нечеткий вектор требуемого уровня готовности организации к решению задач;

Найти: Для $\forall (X, X_{\text{треб}})$, $U_{\text{доп}} : R = |X - X_{\text{треб}}|$, где $U_{\text{доп}}$ – допустимая совокупность управляющих воздействий (из доступных на уровне организации), обеспечивающих минимизацию нечеткого вектора рассогласования R за конечное число итераций.

Выводы по первой главе

1 Анализ доступной для измерения информации в контурах управления образованием показал, что в зависимости от рассматриваемой миссии университета: образовательной, научной и социальной – меняются особенности данных, связанных скорее с историей науки и, соответственно, с формализациями в конкретных областях знаний, нежели с относительно универсальными мерами и средствами измерения (оценки). При этом общей остается нечеткость оценки, связанная с неполнотой и недоопределенностью измерений, моделей, алгоритмов.

2 В качестве базовой модели управления образовательными процессами предложена и обоснована двухконтурная модель с внутренней и внешней обратными связями, обеспечивающая учет как требований государственных регулирующих органов, так и работодателей региона. Данный вариант схемы управления вузом позволяет не только реализовать модель контроля усвоений профессиональных специальных знаний и умений выпускника в условиях постоянно меняющихся угроз и рисков, но и гибко реагировать на изменения внешних условий и рынка труда региона посредством обеспечения комплексной безопасности. Образовательная система регионального уровня обладает свойствами системы систем, что должно учитываться как при ее разработке, так и в процессе развития, совершенствования и эксплуатации.

Глава 2. МОДЕЛИРОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СИСТЕМОЙ И ОЦЕНКА ЕГО ЭФФЕКТИВНОСТИ

Вторая глава посвящена нечеткому моделированию процесса управления функционированием в слабоструктурированных организационных системах.

Современные процессы цифровизации предполагают использование интеллектуальных систем на ключевых этапах обработки информации. С учетом того, что доступные для интеллектуального анализа данные в организационных системах зачастую нечеткие, возникает проблема сравнения соответствующих единиц информации между собой. Известно несколько способов такого сравнения. В частности, для случайных нечетких величин с известными законами распределения в качестве критерия соответствия одной случайной величины другой может быть использована степень совпадения этих законов распределения. Однако такой подход не обладает необходимой гибкостью, требуемой для решения практических задач. Предлагаемый нами подход позволяет сравнивать между собой нечеткие, нечеткие и четкие, а также четкие и четкие данные. В работе приведен пример, иллюстрирующий такой подход. Материал, изложенный в исследовании, изначально ориентировался на управляющие организационные системы в образовании. Однако результаты исследования могут быть распространены и на другие организационные системы.

В разделе сформирована система сбалансированных показателей качества образования в условиях естественной нечеткости сложившейся в стране и мире трехмиссионной парадигмы [2, 124].

Построена модель структурно-параметрического синтеза компонентов образовательной системы региона, учитывающая как требования государственных стандартов, так и запросы работодателей основных градообразующих предприятий. В рамках этой модели осуществляется согласование основных показателей и формируются интегральные критерии.

В качестве основной модели управления выбрана трехкомпонентная структура, ориентированная на три основные миссии: образовательную, научную

и социальную. Такой вариант, по мнению автора, предполагает всестороннее развитие выпускника образовательного учреждения.

2.1 Разработка системы показателей качества обучения в условиях нечеткости исходных данных

В начале «рассмотрим задачу многопараметрического выбора при наличии количественных и качественных параметров в технических описаниях конкретных образцов ИУМ и их компонентов. Для ее решения необходимо, во-первых, иметь данные о технических характеристиках выпускаемых ИУМ, во-вторых, сформулировать техническое задание (запрос) на системы в терминах желательных значений характеристик и, в-третьих, выбрать критерий, по которому системы будут сопоставляться между собой» [119, 1232].

Обучающую информацию (ОИ) «можно представить в виде конечного множества элементарных порций, которые отличаются способом, объемом, сложностью предъявляемого учебного материала. Из этого множества на каждом n -м шаге с помощью алгоритма обучения строится подмножество U_n , содержащее M_n элементарных порций ОИ» [105].

$$U_n = \{u_1, u_2, \dots, u_{M_n}\}. \quad (2.1)$$

Управление обучением осуществляется на основе модели, синтезируемой и адаптируемой в процессе управления.

Состояние обучаемого на n -м шаге описывается вектором нечетких состояний

$$O_n = \{O_{u_1}^n, O_{u_2}^n, \dots, O_{u_{M_n}}^n\}, \quad (2.2)$$

где $O_{u_i}^n$ принимает значения из интервала $[0, 1]$.

Эффективность усвоения n -й порции обучающей информации определяется с помощью контролирующей программы, при этом результаты обработки удобно представить в виде

$$R_n = \{R_{u_1}^n, R_{u_2}^n, \dots, R_{u_{M_n}}^n\}, \quad (2.3)$$

где $R_{u_i}^n$ – нечеткая оценка знаний по n -й порции обучающих воздействий, принимает значения из интервала $[0, 1]$.

В качестве модели обучаемых примем преобразование F_n , определяющее рекуррентно его состояние по выражениям (2.1)–(2.3) и зависящее от их индивидуальных и групповых особенностей:

$$O_{n+1} = F_n(O_n, U_n, R_n, \text{МИО}), \quad (2.4)$$

где МИО – модель индивидуальных особенностей [105].

Для адаптации процесса обучения «к каждому конкретному обучаемому его параметры и структура должны корректироваться на основе текущей информации, получаемой об обучаемом» [107].

На основании вышесказанного можно сформулировать общую научную задачу исследования как теоретическое обоснование метода адаптации ИУМ к индивидуальным свойствам обучаемых, позволяющего при заданной модели знаний (МЗ) предметной области и модели индивидуальных интеллектуальных и психофизиологических особенностей (МИО) обучаемых синтезировать вектор обучающих воздействий (\bar{U}) ИУМ, уменьшающий время (t) перевода обучаемого из начального состояния (Z_0), характеризующегося качеством усвоенного к моменту изучения материала, в конечное (Z_m), задаваемое требованиями компетенций и квалификационных характеристик [Ошибка! Источник ссылки не найден., 51], при уровне качества обучения $K_{об}$, не хуже заданного $K_{зад}$.

$$K(O_{n+1}) = K(F_n(O_n, U_n, R_n, \text{МИО})) \Rightarrow U_{n+1}^* \rightarrow \min_n(t_{n+1}), \quad (2.5)$$

где U_{n+1}^* – локально-оптимальное обучающее воздействие, выдаваемое обучаемому на n -м шаге обучения.

Система сбалансированных показателей (*Balanced Scorecard*, ССП) – это стратегический инструмент управления [95], который оценивает (измеряет) ключевые факторы, от которых зависит успех функционирования организации.

ССП позволяет создавать стратегическую карту с показателями эффективности (КРІ) для всех аспектов организации, помогает выстроить связь между стратегическими целями и конкретными действиями на уровне структурных

подразделений и сотрудников. Это помогает всей организации сосредоточиться на приоритетных задачах [97].

Кроме прочих возможностей, характерных для предприятий и организаций, ведущих свой бизнес, ССП способна осуществлять:

- выявление эффективных стратегий;
- внедрение инновационных подходов;
- автоматизацию работы;
- возможность быстро реагировать на вызовы и угрозы;
- повышение удовлетворенности клиентов (и обеспечение высокого уровня репутации вуза);
- управление текущими финансами.

При выборе информационно-управляющей системы (ИУС) для учебного процесса требуется:

1. Собрать информацию:
 - техническую информацию о доступных ИУС: характеристики (мощность, быстродействие, размер, стоимость), компоненты (программное обеспечение, алгоритмы);
 - требования к ИУС: функции, которые должны быть реализованы, какие характеристики важны (скорость, безопасность, удобство использования).
2. Сформулировать запрос: что именно нам нужно от ИУС: какие функции должны быть выполнены, какие требования к характеристикам.
3. Выбрать критерии сравнения: цена, быстродействие, удобство использования, функциональность – все зависит от приоритетов.

Кроме того, нужно учесть важность каждого показателя для конкретного учебного процесса, ограничения по ресурсам (бюджет, доступность, технические).

Рассмотрим для цели создания ССП задачу многопараметрического выбора при наличии количественных и качественных параметров в технических описаниях конкретных образцов ИУМ и их компонентов. Для ее решения необходимо, во-первых, иметь данные о технических характеристиках выпускаемых ИУМ, во-вторых, сформулировать техническое задание (запрос) на системы в терминах

желательных значений характеристик и, в-третьих, выбрать критерий, по которому системы будут сопоставляться между собой [302]. Это отражено в верхней части рисунка 2.1.

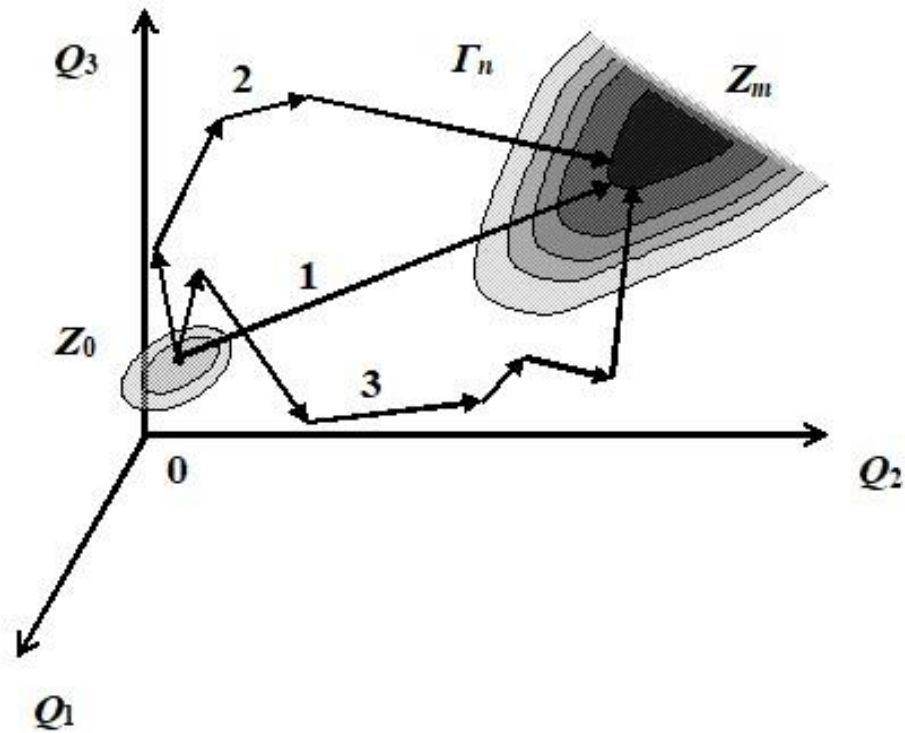


Рисунок 2.1 – Траектория обучения в пространстве знаний

При оценке степени удовлетворения ИУМ выдвигаемым требованиям необходимо также учитывать важность, значимость каждого показателя в зависимости от интересов заказчика, наличие ограничений разного рода (на стоимость, габариты, быстродействие и т. д.). В дальнейшем, при оценке возможностей выполнения операций поддержки учебного процесса, требуется уточнить список предпочтительных вариантов с привлечением дополнительных сведений об информационном, программном и алгоритмическом обеспечении (АО) ИУМ [53].

2.2 Формирование показателей и критериев качества функционирования вуза как организационной системы

Чтобы повысить эффективность вузов, нужно, в том числе сделать их привлекательными для студентов и преподавателей. Особенно это актуально для частных вузов, которые сталкиваются с конкуренцией со стороны государственных, обладающих, как правило, большими ресурсами, развитой инфраструктурой и авторитетом у населения региона.

И тем не менее эта задача решаема. Один из ключей к успеху – инновации. Инновационное образование предполагает глубокие изменения в структуре учебного процесса, включая [58]:

- разработку и внедрение новых образовательных программ;
- использование инновационных методов и приемов обучения;
- оптимизацию управления образовательным процессом и организацией.

Остановимся подробнее на последнем направлении. При этом информационные (в том числе цифровые, высокоинтеллектуальные, в том числе использующие нейросети), робототехнические системы [57] играют важную роль в этом процессе.

Использование цифровых технологий (ЦТ) в образовании обусловлено несколькими факторами. Это социально-экономическая потребность, практическая подготовка студентов с использованием современного программного обеспечения, ускоряющийся рост числа ЦТ, интегрированных в повседневную жизнь и культуру. И наконец, требования федеральных и ведомственных стандартов к использованию электронных образовательных ресурсов.

Современные студенты сталкиваются с необходимостью осваивать большой объем информации в короткие сроки, при этом обладая «клиповым» мышлением. Мультимедиаобучение, основанное на принципах синхронного представления вербального и визуального материала, становится актуальным решением.

Преимущества мультимедийного обучения:

1. Мультимедиа делают учебный процесс более интересным, игровым и доступным для студентов, повышая их вовлеченность. Появился даже термин «геймификация». Мультимедиа-технологии (ММТ) способствуют формированию не только знаний, но и практических навыков; обеспечивают соответствие требованиям рынка труда: от выпускников вуза требуют не только знаний, но и креативности, умения решать новые задачи и работать в условиях изменений. Мультимедиа-обучение развивает эти навыки.

2. Электронные учебные комплексы на основе виртуальной реальности помогают формировать необходимые для профессиональной деятельности личностные качества: технические, организационные, психологические, сенсомоторные.

3. Мультимедиа и виртуальная реальность обеспечивают современный, эффективный и увлекательный подход к обучению, отвечающий требованиям современного рынка труда. Они способствуют развитию компетенций, креативности и самостоятельности, а также формируют у студентов навыки, необходимые для успешной профессиональной деятельности.

2.3 Способ нечеткого сравнения для управления организационной системой

В процессе написания данной работы проведен анализ моделей и способов цифрового управления в организационной системе. Уточняются основные понятия предметной области, в частности понятие слабоструктурированной системы.

В данном исследовании воспользуемся теоретико-множественным подходом [3, 4] к выбору структуры ИУМ и его компонентов. При этом, подобно фильтрации, будем отсеивать неудовлетворяющие требованиям варианты.

Важным этапом процесса принятия решений является выбор критериев оценки и, соответственно, оценочной функции L . Мету рассогласования [5] свойств компонентов ИУМ ($\bar{\Pi}_i$) и требований к ним ($\bar{\Pi}_T$), учитывая особенности нечетких множеств, оценим на основе взвешенного расстояния по Хэммингу:

$$L_i = \bar{W} \times (\bar{\Pi}_T - \bar{\Pi}_i). \quad (2.6)$$

Поскольку традиционно мера рассогласования (2.6) не ориентирована на работу с нечеткими величинами [6], необходимо ее адаптировать к работе с нечеткими описаниями вариантов, нечеткими требованиями и уточнить процедуру настройки критерия.

Технические требования задаются в виде вектора \bar{P}_T , где каждая компонента – оценка требуемого значения параметра (качественного или количественного, в виде нечеткого числа [7]). Технические характеристики варианта представлены вектором \bar{P}_i . В этом случае выражение (2.6) преобразуется в (2.7):

$$\bar{L}_i = \bar{P}_i - \bar{P}_T. \tag{2.7}$$

Соответственно $\bar{L}_i = \{l_{ij}\}$,

где
$$l_{ij} = f(P_{ij} - P_{Tj}). \tag{2.8}$$

Значение f (*) определяется принимаемой метрикой (Евклида, Махаланобиса, Чебышева и т. д.). При этом l_{ij} состоит из двух элементов: детерминированной l_{ij}^d и неопределенной l_{ij}^f , составляющих. Рассмотрим простейший вариант – метрику Евклида.

Графически, l_{ij}^d интерпретируется как расстояние между центрами тяжести функций принадлежности к множествам A и B (рисунок 2.2) с координатами (μ_a, u_a) и (μ_b, u_b) .

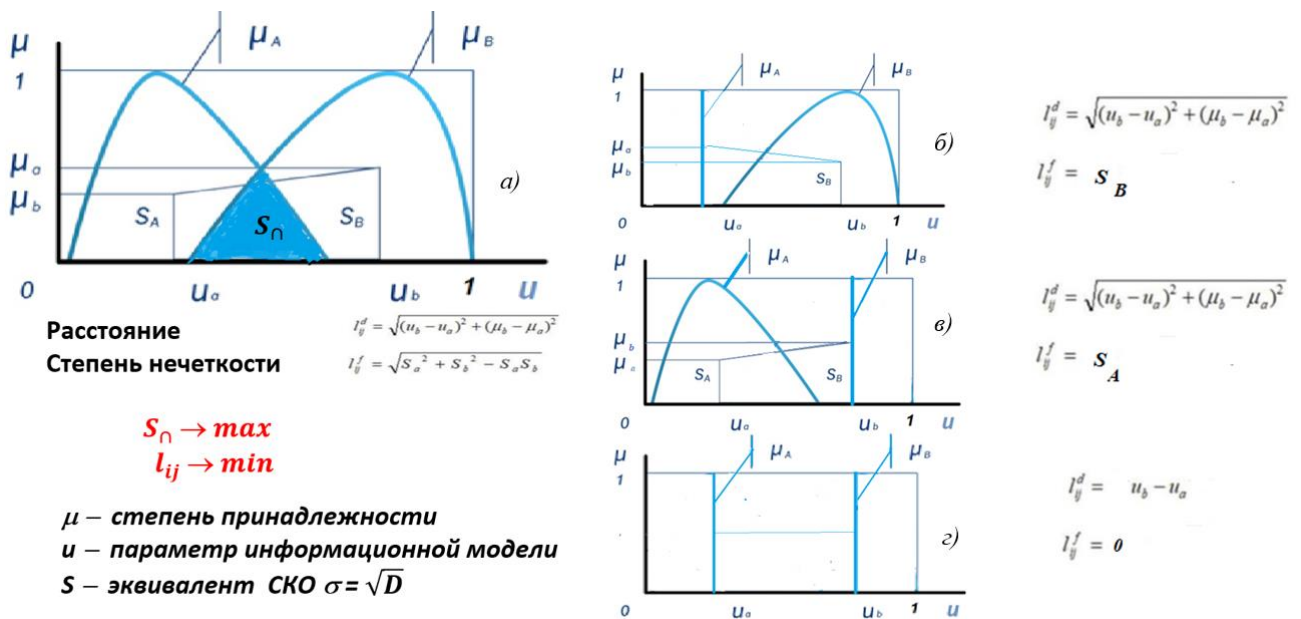


Рисунок 2.2 – Нахождение расстояния между нечеткими векторами:
 а) в общем случае; б), в) когда один из них четкий, а второй нечеткий;
 з) когда оба четкие

Оценку этой длины предлагается вычислять по формулам:

$$l_{ij}^d = \sqrt{(u_b - u_a)^2 + (\mu_b - \mu_a)^2}, \quad (2.9)$$

$$l_{ij}^f = \sqrt{S_a^2 + S_b^2 - S_a S_b}, \quad (2.10)$$

где S_a и S_b – площади, ограниченные функциями принадлежности к множествам A и B . Они оценивают уровень неопределенности параметров P_{Tj} и P_{ij} .

Нечеткость значения l_{ij} может быть выражена интервальным приближением:

$$l_{ij} = l_{ij}^d \pm (l_{ij}^f)/2. \quad (2.11)$$

В частном случае, для рисунка 2.2, з, когда оба вектора имеют четкие значения, выражение (2.10) равно нулю. Рассмотрен вариант одномерной функции принадлежности и соответственно его графическая интерпретация. Способ допускает и многомерность.

Для всех вариантов оценки меры рассогласования можно объединить в матрицу размерности $m \times n$, которую называют матрицей решения [89]. Каждая строка матрицы характеризует i -й вариант по m параметрам.

Уровень относительной неопределенности оценки l_{ij} определяется по формуле:

$$\delta l_{ij} = l_{ij}^f / l_{ij}^d. \quad (2.12)$$

Способ сравнения нечетких чисел (и соответствующая графическая модель сравнения нечетких объектов) получила свидетельство о государственной регистрации [6].

Нечеткий информационный объект характеризуется функцией принадлежности (ФП). В общем виде ФП объектов A и B представляют собой кривые, подобные гауссианам $\mu = e^{-\frac{1}{2}(\frac{x-c}{s})^m}$. Вид этих кривых для конкретных условий, при разных значениях x, c, s, m может иметь форму треугольников,

трапеции, быть похожими на функции распределения вероятностей (Гаусса, Вейбула, экспоненциальной и т. д.). Чем больше пересечение функций принадлежности (S_{\cap}) или чем меньше расстояние между центроидами $I_{A,B}$, тем ближе между собой нечеткие значения.

Теория нечетких множеств (ТНМ), включающая понятие нечеткого числа, позволяет сравнивать с помощью такого подхода не только нечеткие числа между собой, но и нечеткие числа с четкими, а также четкие числа с четкими (см. примеры б, в, г рисунка 2.2).

Хотя приведенный график иллюстрирует одномерную ФП, метод применим и для многомерных ФП.

Пусть нужно выбрать лучший вариант из нескольких предложений, основываясь на определенных требованиях. Для этого можно использовать метод, который позволяет оценить, насколько каждый вариант соответствует этим требованиям, и выбрать наиболее подходящий.

При этом для каждого варианта мы можем рассчитать «рассогласование» – насколько он отличается от идеального варианта, который соответствует всем требованиям.

На основе мер рассогласования (2.8) по отдельным параметрам можно рассчитать общее рассогласование для i -го варианта:

$$L_i = \sum_{j=1}^m l_{ij}, \quad i = \overline{1, n}. \quad (2.13)$$

Однако не все требования одинаково важны. Поэтому мы можем присвоить каждому требованию «вес», который показывает, насколько оно важно для лица, принимающего решение (ЛПР). Иначе говоря, задание приоритета по каждому параметру с учетом предпочтений ЛПР определяет смысловую ориентацию критерия (2.8).

Для определения весов каждого параметра можно использовать метод анализа иерархий Т. Саати [59], который позволяет сравнивать параметры попарно и устанавливать их относительную важность.

В данном исследовании для задания приоритета используется вектор весовых коэффициентов \vec{W} размерности m по числу параметров. Компоненты вектора должны удовлетворять условию [68, 69]:

$$\sum_{j=1}^m W_j = 1; \quad 0 \leq w_j \leq 1, j = \overline{1, m}. \quad (2.14)$$

Для этого «достаточно иметь информацию обо всех парах сравниваемых параметров. Положив $V_m = 1$, можно последовательно вычислять $V_{m-1}, V_{m-2}, \dots, V_1$. На последнем этапе определяются значения компонентов весового вектора по формуле» [59]:

$$w_j = \frac{\sum_{k=j}^m V_{kj}}{\sum_{j=1}^m \sum_{r=1}^v V_{kj}}. \quad (2.15)$$

Описанный метод позволяет [19] упростить многомерную задачу определения вектора \vec{W} , сводя ее к многократному решению простой задачи попарного сравнения и ранжирования. При этом для каждого варианта определяется суммарное взвешенное рассогласование как скалярное произведение:

$$L_i^W = \vec{l}_i \times \vec{W}. \quad (2.16)$$

При этом детерминированная (D_i) и нечеткая (F_i) составляющие для каждого i -го варианта определяются по формулам [31]:

$$D_i = \sum_{j=1}^n w_j r_{ij}^d, \quad (2.17)$$

$$F_i = \sum_{j=1}^n w_j r_{ij}^f. \quad (2.18)$$

Далее вычисляем полное рассогласование

$$L_i^W = D_i \pm F_i / 2 \quad (2.19)$$

и уровень относительной неопределенности [10]:

$$\Delta F_i = F_i / D_i. \quad (2.20)$$

Выражение (2.19) может быть выбрано в качестве критерия оценки вариантов по степени удовлетворения требований [28].

Схему принятия решения по выбору оптимального варианта можно представить в виде матрицы (рисунок 2.3), «каждая строка которой представляет собой вектор рассогласования описания варианта с требованиями. Сами требования представлены строкой в нижней части таблицы. Структура

предпочтений задается строкой W весовых коэффициентов по каждому из параметров» [34].

Вес $\sum_{j=1}^m W_j = 1;$ $0 \leq w_j \leq 1 \quad j=1, m$	Учитываемые параметры						$i^* = \arg [\min_i \{ D_i \pm F_i / 2 \}]$	
	P_1	P_2	P_3	...	P_{n-1}	P_n		
	w_1	w_2	w_3	...	w_{n-1}	w_n		
Вектор 1 V_1	l_{11}	l_{12}	l_{13}	...	l_{1n-1}	l_{1n}		
Вектор 2 V_2	l_{21}	l_{22}	l_{23}	...	l_{2n-1}	l_{2n}		
Вектор 3 V_3	l_{31}	l_{32}	l_{33}	...	l_{3n-1}	l_{3n}		
...		
Вектор m V_m	l_{m1}	l_{m2}	l_{m3}	...	l_{mn-1}	l_{mn}		
Вектор требований V_T							$D_i =$ $\sum_{j=1}^n w_j r_{ij}^d$	$F_i =$ $\sum_{j=1}^n w_j r_{ij}^f$
1 V_{1n}	r_{11}	r_{12}	r_{13}	...	r_{1n-1}	r_{1n}	D_1	F_1
2 V_{2n}	r_{21}	r_{22}	r_{23}	...	r_{2n-1}	r_{2n}	D_2	F_2
3 V_{3n}	r_{31}	r_{32}	r_{33}	...	r_{3n-1}	r_{3n}	D_3	F_3
...
m V_{mn}	r_{m1}	r_{m2}	r_{m3}	...	r_{mn-1}	r_{mn}	D_m	F_m
	Невязки						Рассогласования	

Рисунок 2.3 – Матрица решений проблемных ситуаций

В матрице принятия решения (рисунок 2.3) в первом столбце описаны варианты векторов сравниваемых нечетких объектов и нечетких требований. Справа от первого столбца располагаются столбцы, в которых указаны конкретные значения параметров (конкретных вариантов сравниваемых информационных объектов) в виде нечетких чисел.

А там же ниже – невязки, характеризующие отклонение параметров сравниваемых объектов от требований к ним. В предпоследнем и последнем столбцах фиксируются получаемые по формулам (2.17) и (2.18) характеристики сравниваемых объектов: детерминированная $D_i = \sum_{j=1}^n w_j r_{ij}^d$ и нечеткая $F_i = \sum_{j=1}^n w_j r_{ij}^f$ составляющие суммарной оценки рассогласования описания варианта с требованиями.

Данные в матрице принятия решения используются для ранжирования вариантов и выбора наилучшего. Вариант, наиболее приемлемый для реализации, определяется по формуле [28]:

$$i^* = \arg \{ \min_i [| D_i \pm F_i / 2 |] \}, \quad (2.21)$$

то есть лучшим считается вариант, у которого минимальное значение суммы невязок (см. формулу (2.14))

Таким образом, используя способ нечеткого бенчмаркинга [5] и метод нечеткого многопараметрического выбора [10], можно успешно решать задачи нахождения оптимального решения в условиях слабоструктурированных проблем.

2.4 Метод многопараметрического выбора структуры и свойств программного комплекса для интеллектуального управляющего модуля

На основе разработанного выше математического аппарата составлена методика нечеткого многопараметрического выбора ИУМ.

Эта методика представляет собой описание последовательности действий в соответствии с алгоритмом нечеткого выбора и учитывает специфику задач учебной и управленческой информации, решаемых ИУМ. Укрупненная схема методики приведена на рисунке 2.4.



Рисунок 2.4 – Схема методики выбора варианта ИУМ

Производится анализ известных ИУМ, информация о которых сводится в матрицу проблемной ситуации (см. рисунок 2.3), имеющую n строк по числу вариантов ИУМ и m столбцов по числу параметров. Устанавливается ранг модели выбора, вычисляемый по формуле

$$\text{Rang}(T) = m \times n .$$

Производится нормирование количественных параметров для всех m вариантов ИУМ, значения которых отображаются в интервале $[0,1]$. В случае интервальных оценок нормирование производится поочередно к левой и правой границам интервала.

Вычисляются характеристические значения соответствующих нечетких множеств.

Каждый шаг завершается представлением всех значений параметров как количественной, так и качественной природы в виде нечетких множеств с соответствующими функциями принадлежности.

На базе грамматики G лингвистической переменной *Величина* формируются алфавиты значений для каждого из параметров, входящих в описание ИУМ.

Производится заполнение пустых граф матрицы проблемной ситуации экспертными, качественными оценками на основе экспертных знаний с учетом выбранных алфавитов. Как предпочтительный вариант может использоваться метод анализа иерархий Т. Саати [85]. В случае отсутствия какой-либо информации по рассматриваемому параметру назначается лингвистическая переменная *Любая*, что соответствует максимальной неопределенности информации.

На шагах с 1 по 4 методики формируются исходные данные по всем имеющимся вариантам ИУМ для процедуры выбора. Результатом их выполнения является заполненная соответствующая матрица проблемной ситуации и решения (рисунок 2.3).

Формирование вектора технических требований к ИУМ. Для задачи поддержки учебного процесса такие требования представляют собой усредненные значения по всем оценкам, даваемым специалистами и проектировщиками. Анализ требований, проведенный в первой главе, позволил составить обобщенные требования к ИУМ.

Формирование вектора коэффициентов предпочтения основано на процедурах попарного сравнения и ранжирования параметров по их важности [1, 9, 21, *Ошибка! Источник ссылки не найден.*, 85]. Вектор технических требований и вектор предпочтения являются частью технического задания.

В результате выполнения шагов 1–5 можно приступить к заполнению матрицы решений (рисунок 2.3), где значения простого критерия L_i вычисляются по формулам (2.8)–(2.10), а взвешенного L_i^n – по формуле (2.11) для всех n вариантов ИУМ.

Далее определяются детерминированная (2.12) и неопределенная (2.13) составляющие критерия (2.11), а также вычисляется уровень относительной

неопределенности (2.14) для всех n . По итогам анализа вычисляются вектора рассогласования с требованиями по каждому из параметров, а также суммарное сужение множества возможных вариантов V до множества допустимых значений V_d . Оно представляет собой сечение α -уровня множества V . На этом шаге возможно возникновение трех различных ситуаций в зависимости от результатов выбора. Если множество V_d пусто, то решение отсутствует. Требуется коррекция критерия (шаги 5–6) либо отказ от продолжения процедуры выбора.

2.5 Когнитивная модель управления региональным вузом

Чтобы повысить эффективность системы управления качеством образования в региональном вузе, нужно использовать не только стандартные информационные инструменты, но и когнитивное моделирование, которое позволяет [94]:

- разобраться в сложных, нестандартных системах путем выявления ключевых факторов и закономерностей;
- определить факторы, влияющие на качество образования, и разработать показатели и критерии оценки, которые помогут достичь желаемых результатов;
- выделить управляющие цепочки, оптимизировать процессы в системе и повысить ее эффективность;
- прогнозировать поведение системы в будущем, анализировать текущую ситуацию и определять оптимальные стратегии управления;
- оценить возможные последствия решений и выявить потенциальные риски дестабилизации системы.

Когнитивная модель управления качеством образования, предложенная в данном исследовании:

- 1) позволила выбрать ключевые факторы, влияющие на качество образования в региональном вузе;
- 2) помогла разработать показатели [32, 73] и критерии [17] оценки качества образования, что обеспечивает достижение целей (задаваемых целевыми концептами НКК);

3) оценила правильность структуры управления и помогла ее оптимизировать.

Когнитивное моделирование является ценным инструментом для повышения качества образования в региональном вузе. Оно помогает глубже понять сложные системы, выработать эффективные стратегии управления, оптимизировать процессы и обеспечить достижение целей управления.

В качестве ключевых факторов, влияющих на качество образования в региональном вузе, в данном исследовании были приняты:

1. *Качество преподавательского состава*: опытные, квалифицированные преподаватели, способные заинтересовать студентов, передать им знания и навыки, являются основой качественного образования.

2. *Учебные программы*: современные, актуальные учебные программы, отвечающие требованиям рынка труда, обеспечивают востребованность выпускников.

3. *Материально-техническая база*: доступность современных лабораторий, оборудования, информационных технологий повышает качество обучения и практическую подготовку студентов.

4. *Информационные ресурсы*: доступность электронных библиотек, информационных баз данных, онлайн-курсов и других ресурсов расширяет возможности для обучения и научной работы.

5. *Методы и технологии обучения*: инновационные, интерактивные методы обучения, такие как проектные методы, кейс-стади, работа в группах, повышают вовлеченность студентов и эффективность обучения.

6. *Система оценки знаний*: справедливая, прозрачная и объективная система оценки знаний мотивирует студентов к обучению и позволяет определить уровень их подготовки.

7. *Научно-исследовательская деятельность*: активное участие студентов в научно-исследовательской деятельности повышает их мотивацию, развивает аналитические навыки и готовит к дальнейшей научной карьере.

8. *Международное сотрудничество*: сотрудничество с зарубежными вузами и организациями способствует обмену опытом, повышению уровня преподавания и открывает новые возможности для студентов.

9. *Финансовая устойчивость вуза*: обеспечение стабильного финансирования вуза гарантирует достаточное количество ресурсов для развития материально-технической базы, повышения квалификации преподавателей и реализации новых образовательных программ.

10. *Репутация вуза*: высокая репутация вуза привлекает абитуриентов, увеличивает шансы выпускников на трудоустройство и повышает конкурентоспособность вуза.

11. *Социальная среда вуза*: созданная в вузе атмосфера уважения, взаимопонимания и открытости способствует успешному обучению и личностному росту студентов.

12. *Инновационная деятельность* [12]: разработка и внедрение инновационных образовательных программ, технологий и методов обучения делают вуз более конкурентоспособным и отвечают требованиям современного рынка труда.

13. *Тесное взаимодействие с работодателями* позволяет создать практико-ориентированные учебные программы, проводить практику студентов на предприятиях и увеличивает шансы выпускников на трудоустройство.

14. *Внедрение цифровых технологий*: использование онлайн-платформ, мобильных приложений, электронных учебников и других цифровых ресурсов делает обучение более доступным, интересным и эффективным.

15. *Обратная связь при работе со студентами*: сбор и учет мнений студентов о качестве образования позволяет выявлять проблемы и вносить необходимые изменения в учебный процесс.

Важно отметить, что эти факторы взаимосвязаны и влияние каждого из них может быть разным в зависимости от конкретных условий вуза. В общем виде структура модели управления образовательной организацией представлена на рисунке 2.5.

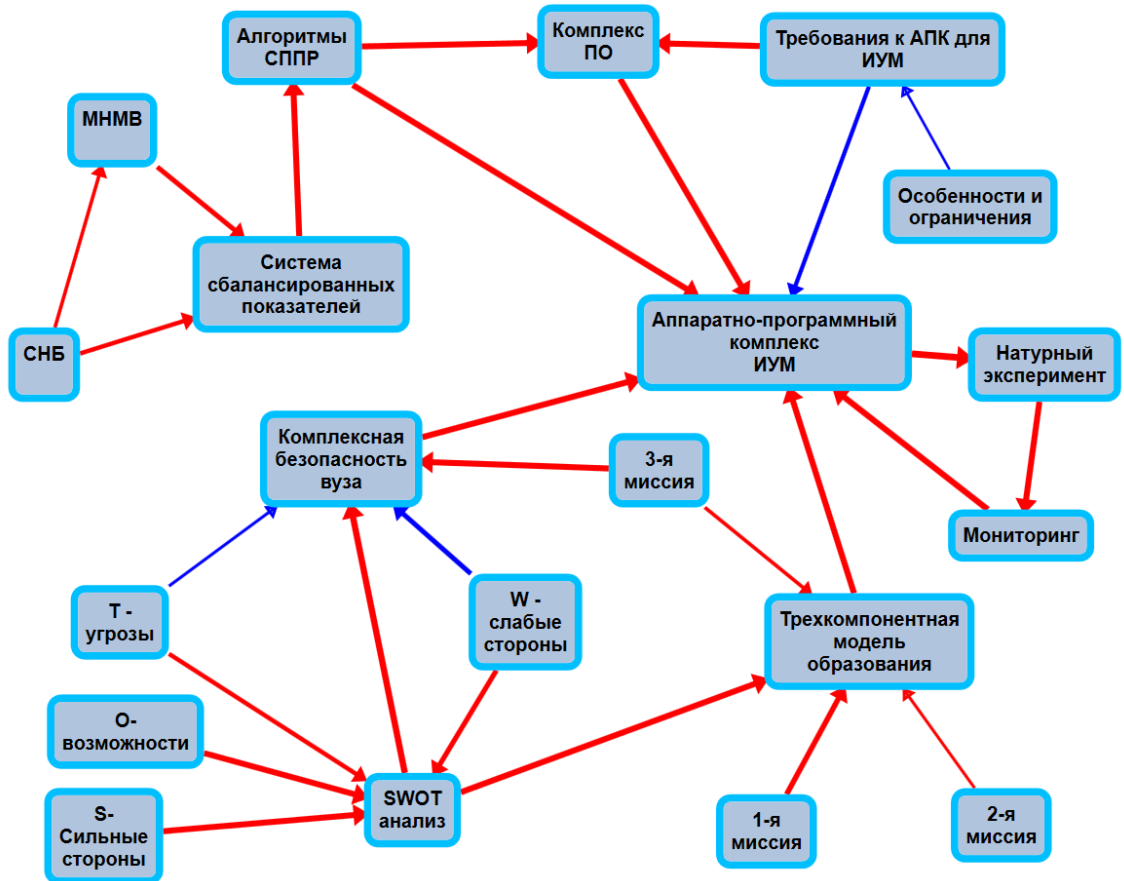


Рисунок 2.5 – Структура вуза как организационной системы (вариант)

Применительно к Южному университету (ИУБиП), на базе которого проводились исследования, визуализированная модель (нечеткая когнитивная карта) конкретизирована в третьей главе.

Выводы по второй главе

Исследование подходов к моделированию процессов управления в образовании как организационной системе позволило выявить и сформулировать ряд новых подходов к оценке качества этого управления.

1 Формализация общих и локальных требований к ИУМ и его подсистемам в виде нечетких векторов позволила свести процедуру выбора вариантов к задаче поиска ближайших нечетких областей в пространстве параметров.

2 Для сравнительной оценки вариантов ИУМ была разработана, обоснована и исследована мера рассогласования между нечеткими значениями параметров и сформированы показатели качества, учитывающие важность требований технического задания.

3 Особенности формирования показателей и критериев качества образования регионального вуза, исследуемые в работе, показали принципиальную решаемость стоящих проблем. Далее рассмотрим особенности моделирования процессов управления в условиях комплексного воздействия НЕ-факторов с точки зрения, как исходной информации, так и доступных для реализации методов и алгоритмов: неполноты, недоопределенности и нечеткости.

Таким образом, используя метод нечеткого многопараметрического выбора и способ нечеткого бенчмаркинга как инструменты реализации поставленной задачи, можно сформировать необходимые информационные модели и, соответственно, обеспечить достижение цели диссертационного исследования. Тем самым получены первый и второй из заявленных новых результатов исследования.

Глава 3. АЛГОРИТМИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ МНОГОАЛЬТЕРНАТИВНЫХ ПРОГНОСТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

В третьей главе представлены алгоритмы поддержки принятия решений для оптимальных альтернатив цифрового управления в ОС. Рассматриваются математические аспекты мягких моделей и методов, проведен анализ известных и предложена разработка перспективных информационных моделей для интеллектуального анализа данных в управлении качеством функционирования организационной системы.

В главе изложены результаты проведенных автором исследований динамики качества образования в вузе на базе ЧОУ ВО «Южный университет (ИУБиП)», обусловленной, с одной стороны, различными ограничительными мерами со стороны государственных структур, последствиями угроз безопасности и их реализацией, с другой стороны, целенаправленными управляющими воздействиями руководства вузом для нейтрализации этих многокомпонентных рисков в социотехнических системах.

Построена трехкомпонентная модель, описывающая процессы формирования компетенций у обучаемых по трем основным миссиям университета: образовательной, научно-исследовательской и социальной. Представлен информационный механизм настройки этой модели, предполагающий ее параметрическую корректировку в процессе обучения.

Построена нечеткая когнитивная модель, позволяющая формировать управляющие цепи (контуры) воздействия на доступные для управления факторы. Исследованы примеры формирования таких воздействий для ряда практических случаев.

Основные результаты исследований, изложенные в настоящем разделе, опубликованы автором в работах [1–5, 64, 82].

3.1 Алгоритмизация принятия управленческих решений на основе мягких моделей

В связи с возросшими темпами научно-технического прогресса, принципиальными изменениями в образовании и экономике, вызванными цифровизацией, повышаются требования к качеству образования выпускаемых вузом специалистов. Обучение в вузах должно быть направленным на формирование знаний, умений, навыков и сочетаться с применением обучающимися полученных знаний, умений и навыков на практике [Ошибка! Источник ссылки не найден.]. В последние годы, помимо обучения, образующего первую миссию университета, все большее значение приобретают научная и социальная составляющие – соответственно вторая и третья миссии. Это, в свою очередь, требует модернизации системы образования – начиная с модернизация самой модели управления этой системой [60, 108Ошибка! Источник ссылки не найден.].

Реализация этой цели предполагает «... формирование механизмов оценки качества и востребованности полученных компетенций с участием работодателей, участие в международных сопоставительных исследованиях и рейтингах путем создания:

- прозрачной, открытой системы информирования граждан об образовательных возможностях, обеспечивающей полноту, доступность, своевременное обновление и достоверность этой информации;

- понятной, объективной системы оценки индивидуальных образовательных достижений обучаемых как основы перехода к следующему уровню образования;

- механизмов участия работодателей и общественных институтов в осуществлении контроля и проведении оценки качества образования» [34].

Цифровизация управления образовательным комплексом позволяет существенно повысить качество подготовки выпускников вузов. [Ошибка! Источник

ссылки не найден.]. При этом наиболее удачное применение цифровых технологий, с точки зрения автора, представляется с использованием когнитивного подхода [Ошибка! Источник ссылки не найден.].

Критерии сформированности знаний, умений и навыков определяют готовность специалиста к профессиональной деятельности [51], включают в себя такие компоненты, как:

– мотивационный – интерес к профессиональной деятельности в сфере обеспечения социальной, психологической, информационной, экономической и пр. безопасности, стремление к профессиональному самосовершенствованию, целеполагание в профессиональной деятельности;

– когнитивный – овладение общенаучными и специальными знаниями в профессиональной области, сформированность качеств мышления, необходимых для осуществления профессиональной деятельности;

– деятельностный – готовность и способность к самостоятельному применению сформированных знаний, умений и навыков [37].

В различных источниках предлагается применение многоуровневых оценок сформированности компетенций [63], основные варианты – это:

– первичный (исполнительский) уровень – дает общее представление об основных закономерностях функционирования объектов деятельности, методов и алгоритмов решения практических задач;

– средний уровень – позволяет решать простейшие управленческие задачи, по известным алгоритмам и методикам;

– высокий уровень – предполагает готовность решать сложные практические задачи, принимать профессиональные решения в условиях неопределенности и при нечетком уровне информационного обеспечения [66].

Хотя цифровые технологии и робототехнические системы (РТС) все больше используются в обучении, потенциал информационных технологий в вузах еще не раскрыт в полной мере. Проблема заключается в том, что [122]:

– не хватает развитых мультимедийных учебных комплексов: их просто недостаточно, чтобы полноценно внедрить современные технологии в учебный процесс;

– не сформирована до конца единая система разработки и применения алгоритмов: не ясно, как создавать и эффективно использовать мультимедийные материалы;

– отсутствуют четкие методические рекомендации: не совсем и не всегда понятно, как правильно и эффективно использовать новые технологии в обучении.

Специфика организации образовательного процесса, включающая в себя административные, социальные, психолого-педагогические и другие аспекты, достаточно сложна и многозначна [109]. Целесообразно в цифровом обучении учитывать параметры, которые существенным образом влияют на учебный процесс. К таковым можно отнести характеристики учебного материала, индивидуальные особенности обучаемого, характеристики обучающих программных продуктов.

Как показано в работе [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**109], одной из основных функций цифрового обучения является развитие знаний, умений и навыков обучаемого. Процесс развития знаний начинается в ситуации, когда картина знаний обучаемого определяется как неполная, и состоит из четырех этапов:

- 1) определение, каких именно знаний не хватает обучаемому (чему учить);
- 2) выбор подходящего момента для развития знаний (когда учить);
- 3) выбор способа развития знаний – учебного воздействия (как учить);
- 4) реализация выбранного учебного воздействия.

В основе обучения лежит модель целенаправленного обучения, где главная цель – освоить определенный набор знаний и умений в конкретной области.

Эта модель предполагает, что:

– задается цель обучения: то есть четко определяются знания и навыки, которые необходимо усвоить;

– отслеживается прогресс обучения: в процессе обучения определяется, какие элементы цели уже достигнуты и насколько хорошо, а какие еще не усвоены.

Проще говоря, модель целенаправленного обучения фокусируется на том, чтобы помочь обучающемуся достичь конкретных целей, отслеживая его прогресс и корректируя процесс обучения. Программный комплекс, разработанный в диссертации и реализующий эту модель, представлен на рисунке 3.1.

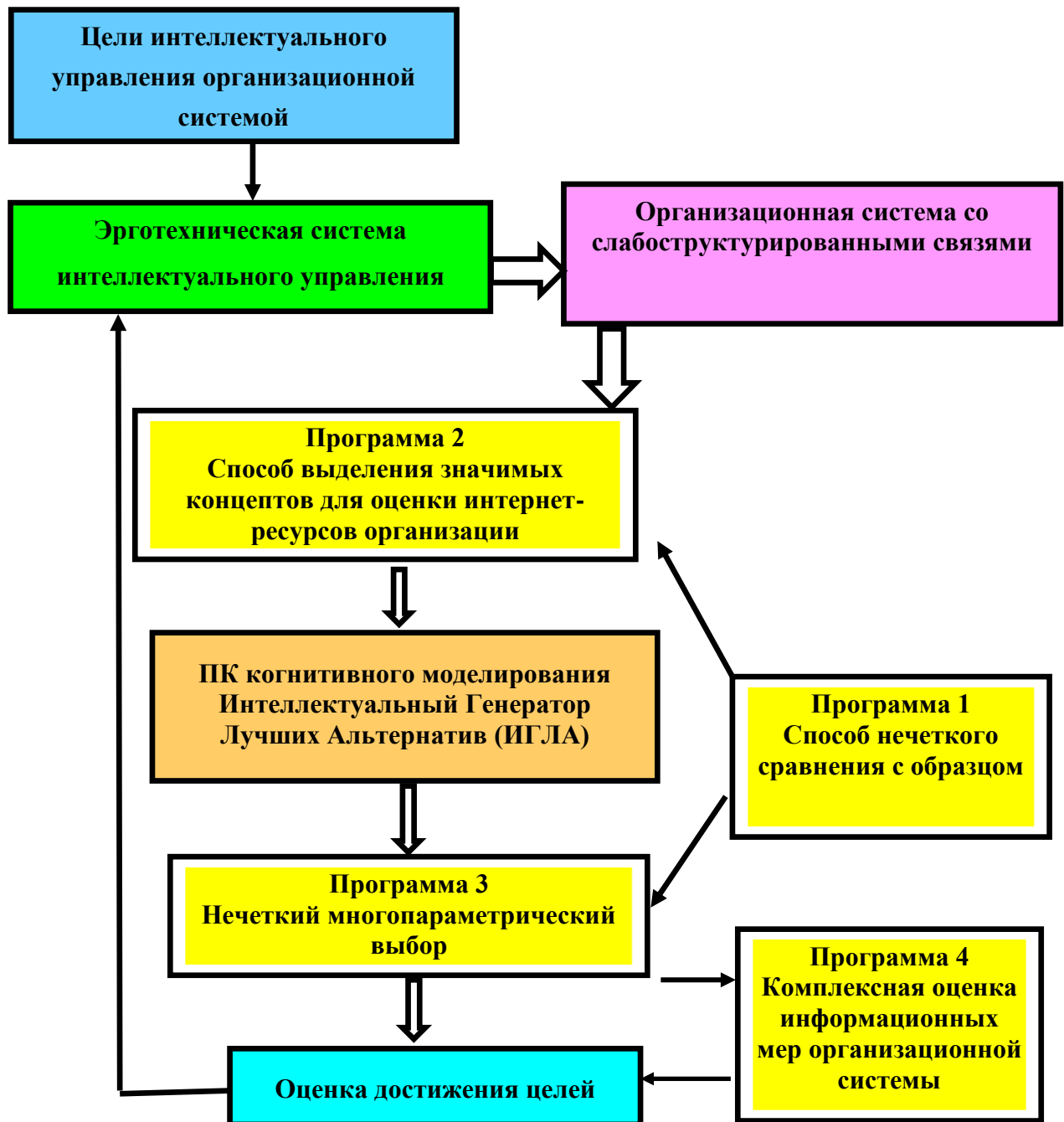


Рисунок 3.1 – Структура разработанного программного комплекса в исследовании

С математической точки зрения задача обучения рассматривается как задача дискретного управления многошаговым процессом с заданным конечным состоянием и набором допустимых действий [124]. Целевой функцией является передача максимума знаний. К ограничениям отнесем время обучения, стоимость обучения, границы устойчивости психологического портрета обучаемого.

Коррекция процесса обучения осуществляется в два этапа: на первом этапе устанавливается текущая цель обучения; на втором происходит планирование действий, направленных на достижение цели. Для осуществления коррекционной работы необходимы данные по диагностике и анализу учебной деятельности оператора, а также результаты психологического тестирования обучаемого, на основе которых ИУМ генерирует необходимый набор задач и изменяет правила управления процессом обучения.

Алгоритмы разработанных программ приведены на рисунках 3.2–3.3.

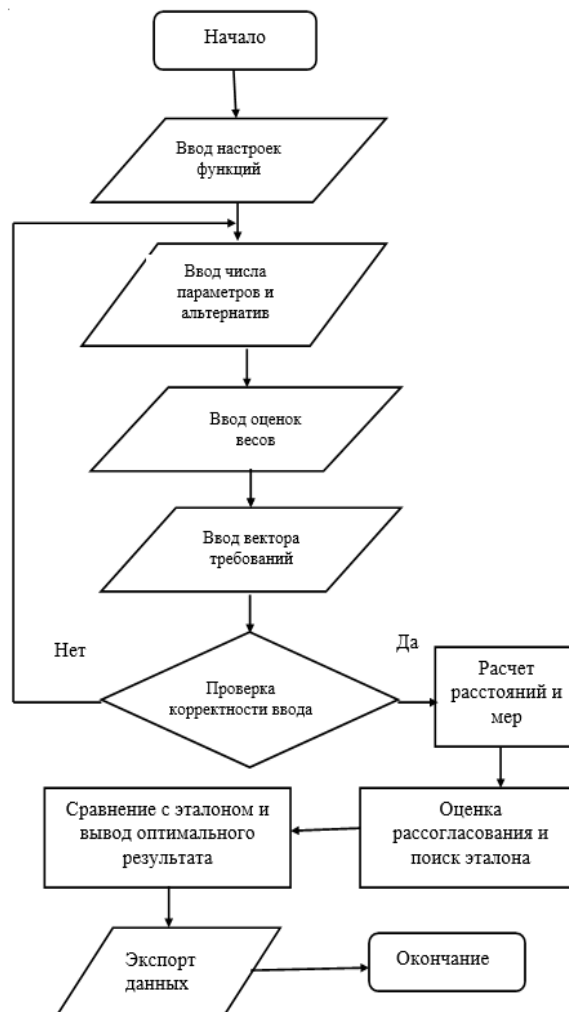
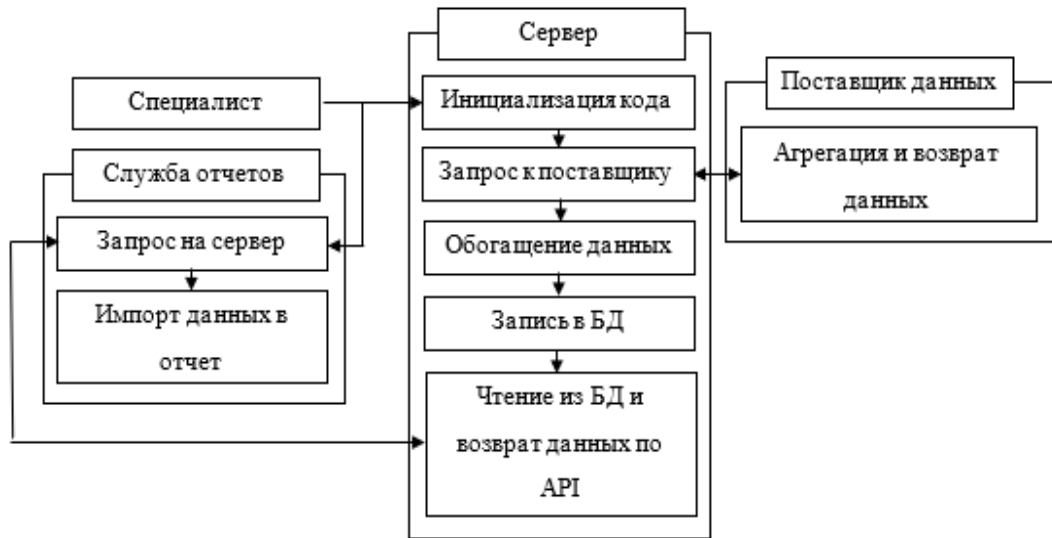
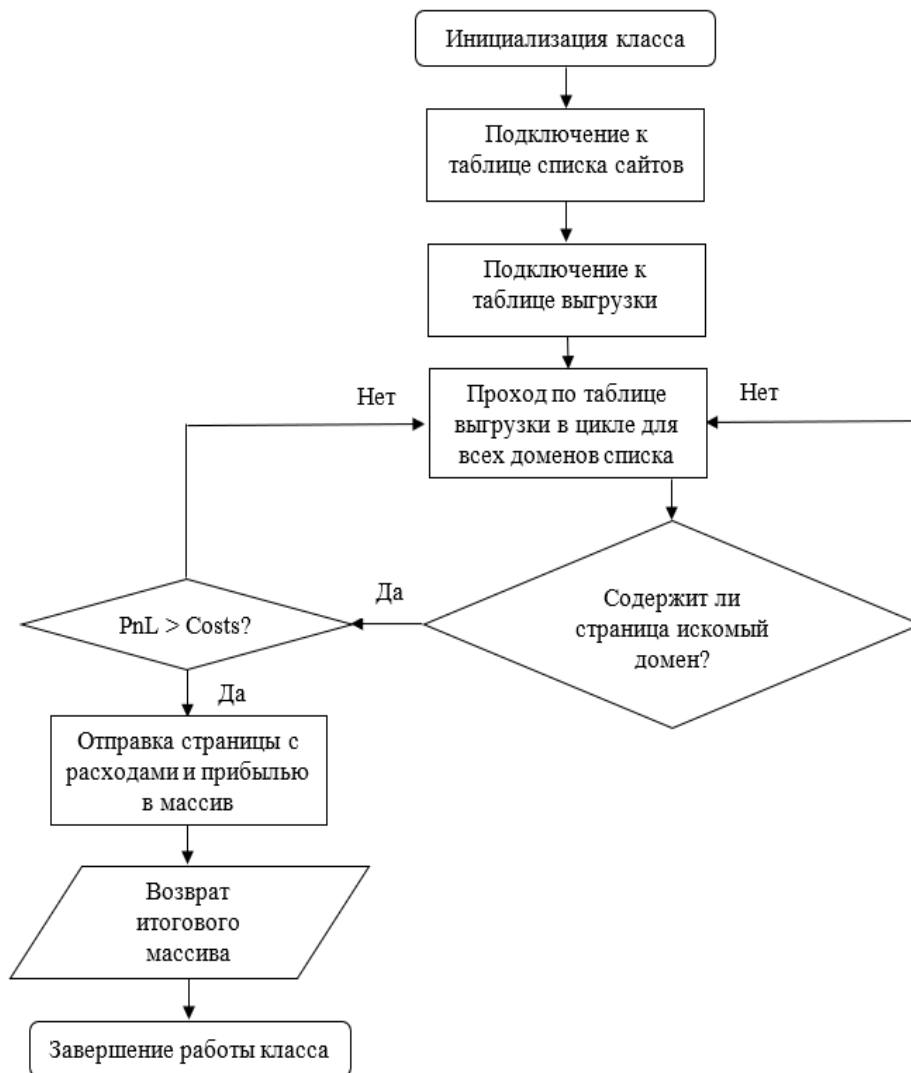


Рисунок 3.2 – Алгоритм сравнения нечетких информационных объектов
(нечеткий бенчмаркинг)

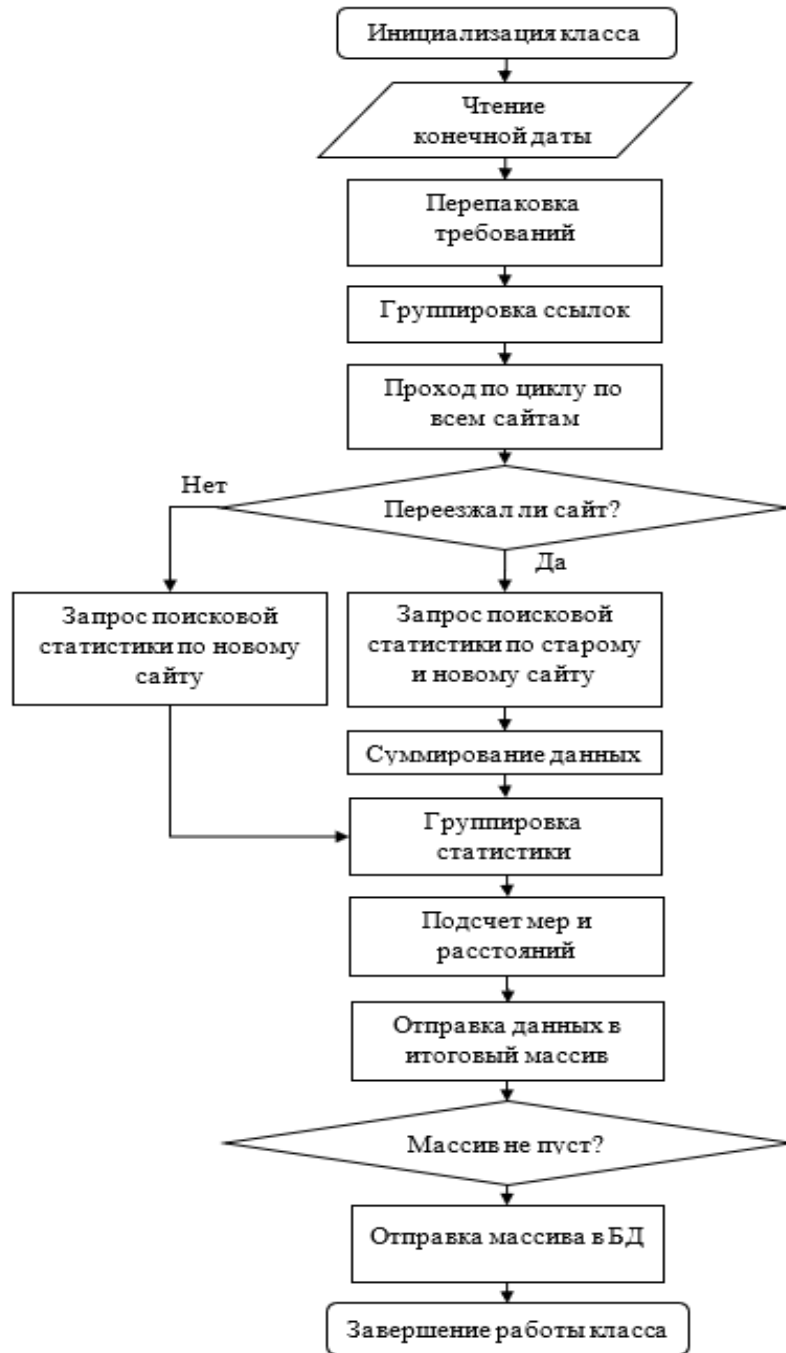


a



б

Рисунок 3.3 – Алгоритм реализации нечеткого многопараметрического выбора
(начало): *a* – общая схема; *б* – анализ маркетинговых схем



6

Рисунок 3.3а – Алгоритм реализации нечеткого многопараметрического выбора
(продолжение): *в* – анализ эффективности выбора

Алгоритм (рисунок 3.3) обеспечивает сравнение многомерных характеристик нечетких альтернатив в управлении информационными объектами.

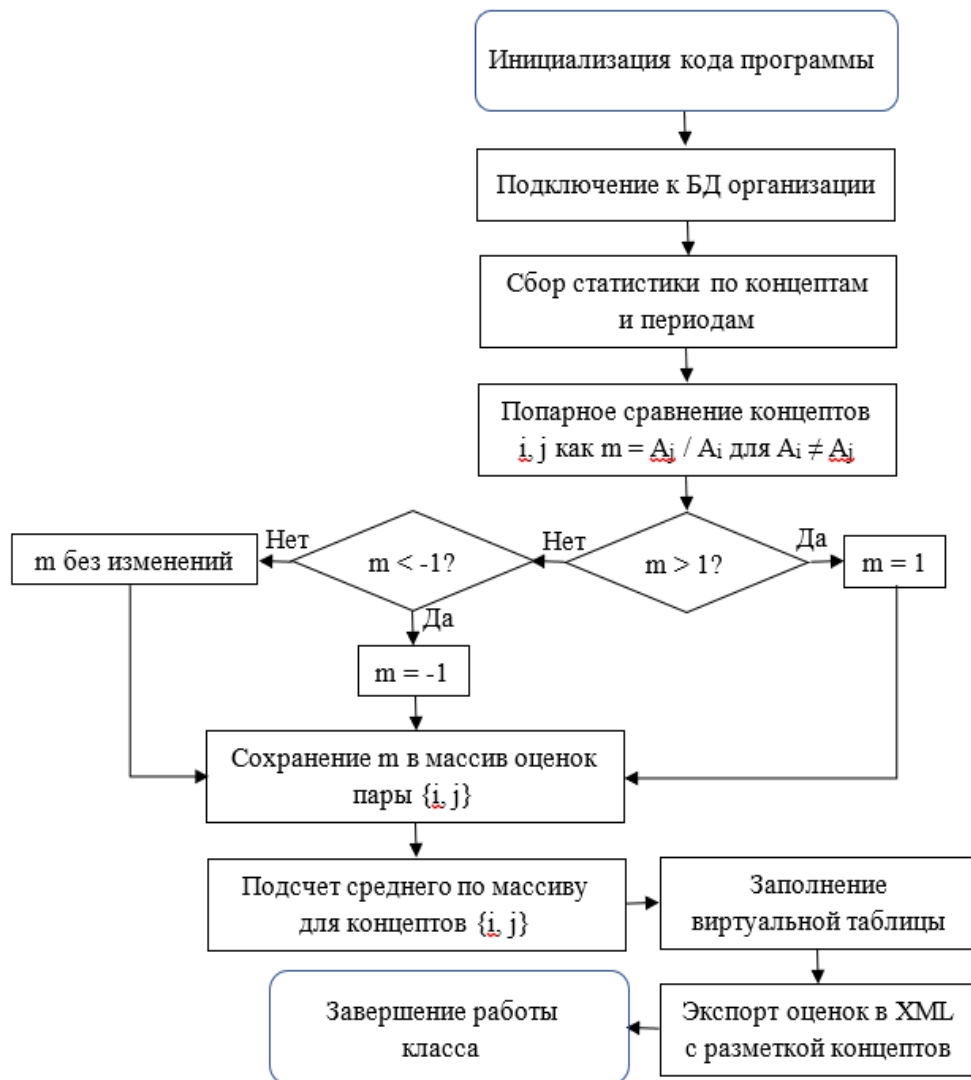


Рисунок 3.4 – Алгоритм формирования интернет-статистики по концептам для определения значимых концептов

Таким образом, были разработаны алгоритмы управления принятием решений в слабоструктурированной организационной системе на основе нечеткого сравнения, когнитивного прогнозирования и анализа иерархий, отличающиеся сочетанием экспертного и иерархического подходов с элементами попарных сравнений.

Для уменьшения субъективности при принятии решений использован когнитивный подход, рассмотренный в данном исследовании применительно к мягкой настройке интеллектуального управляющего модуля.

Использование когнитивного подхода в совокупности с вычислительными процедурами, предложенными в рамках метода анализа иерархий Т. Саати, позволило обнаружить причинно-следственные связи в организации комплексной безопасности вуза и сформировать соответствующую диаграмму иерархий [85].

3.2 Формирование нечетких когнитивных карт поддержки исследований по отдельным миссиям университета

Исследование характеристик современного вуза как человеко-машинной системы может успешно проводиться с использованием нечетких когнитивных карт (НКК), представляющих собой перспективный инструмент для моделирования слабоструктурированных систем, объединяющий аппарат нечеткой логики и теорию графов [122].

НКК позволяют представить знания о системе в виде графа, вершинам которого соответствуют факторы (концепты), а ребрам – веса, отражающие силу и направление влияния между факторами. Применение нечеткой логики позволяет учитывать неопределенность и субъективность экспертных оценок, что повышает адекватность модели и позволяет проводить анализ в условиях неполной информации.

Сформулируем требования к управляющим и целевым концептам НКК и обоснуем целесообразность применения статического и динамического моделирования с использованием НКК.

3.2.1 Методология формирования нечетких когнитивных карт

Процесс формирования НКК для поддержки исследований по отдельным миссиям университета включает следующие этапы [121].

1 *Определение целей и задач моделирования.* На данном этапе формулируются конкретные вопросы, на которые должна ответить модель, и определяются цели исследования, которые будут достигнуты с помощью НКК.

2 *Выбор и обоснование факторов моделирования.* Определяются ключевые факторы, влияющие на достижение целей моделирования. Необходимо учитывать как внутренние, характеризующие деятельность университета факторы, так и внешние, отражающие влияние внешней среды.

3 *Определение взаимосвязей* между выбранными факторами и установление весов связей, отражающих силу и направление влияния. Для оценки весов связей могут быть использованы экспертные оценки, статистические данные и результаты анализа литературы.

4 *Валидация модели.* Проводится проверка адекватности модели путем сравнения результатов моделирования с реальными данными и экспертными оценками.

5 *Анализ модели.* Осуществляется анализ статических и динамических характеристик НКК, выявляются ключевые факторы и их влияние на достижение целей исследования.

6 *Применение модели* и оценка результатов моделирования.

Рассмотрим основные критерии выбора факторов моделирования [121].

1 *Релевантность.* Факторы должны непосредственно влиять на достижение целей исследования и реализацию миссий университета.

2 *Измеримость.* Факторы должны быть измеримы как количественно, так и качественно для обеспечения возможности анализа и интерпретации результатов моделирования.

3 *Неизбыточность.* Необходимо избегать включения в модель избыточных факторов, которые дублируют друг друга и не вносят дополнительной информации.

4 *Экспертная оценка.* Факторы должны быть понятны и однозначно интерпретированы экспертами в данной области.

Факторы моделирования для отдельных миссий университета, выбранные в данном исследовании.

Первая миссия, образовательная деятельность [122] (рисунок 3.5):

- качество образовательных программ;
- уровень подготовки преподавателей;
- востребованность выпускников;
- доступность образовательных ресурсов.

Вторая миссия, научные исследования [121] (рисунок 3.6):

- объем финансирования научных исследований;
- количество публикаций в высокорейтинговых журналах;
- количество патентов;
- цитируемость научных работ.



Рисунок 3.5 – НКК исследования эффективности первой миссии университета

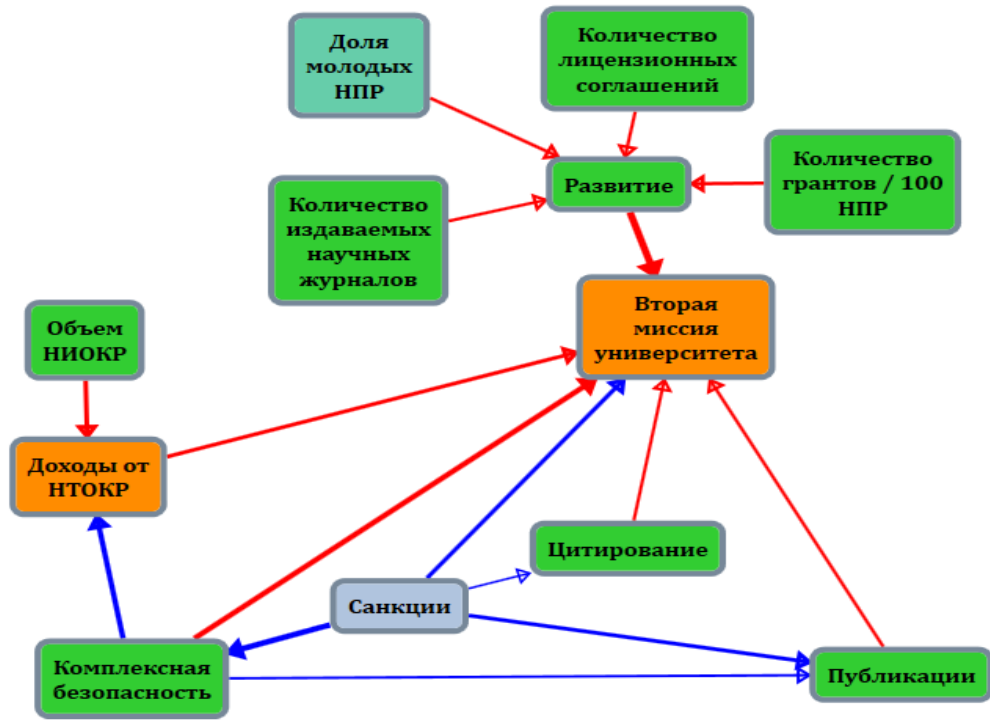


Рисунок 3.6 – НКК исследования эффективности второй миссии университета



Рисунок 3.7 - Структура вуза как организационной системы с учетом третьей миссии университета [121]

- участие в социальных проектах;
- количество волонтеров;
- взаимодействие с местным сообществом;
- экологическая устойчивость.

3.2.2 Требования к управляющим и целевым концептам

В НКК выделяют [121] управляющие и целевые концепты. Управляющие концепты представляют собой факторы, на которые университет может оказывать влияние для достижения своих целей. Целевые концепты отражают желаемые

результаты, которые должны быть достигнуты в процессе реализации миссий университета.

Требования к управляющим концептам [100, 106]:

- *управляемость*: университет должен иметь возможность оказывать влияние на значения управляющих концептов;
- *измеримость*: значения управляющих концептов должны быть измеримы для оценки эффективности управляющих воздействий;
- *реалистичность*: значения управляющих концептов должны быть достижимы в рамках имеющихся ресурсов и ограничений.

Требования к целевым концептам:

- *соответствие миссиям университета*: целевые концепты должны отражать основные цели и задачи, сформулированные в миссии университета;
- *измеримость*: значения целевых концептов должны быть измеримы для оценки степени достижения поставленных целей;
- *конкретность*: целевые концепты должны быть сформулированы конкретно и однозначно для обеспечения возможности их мониторинга и оценки.

Таким образом, рассмотренное выше применение нечетких когнитивных карт для моделирования и поддержки исследований в контексте реализации миссий университета позволило сформировать матрицы комплексного воздействия на управляющие факторы применительно к конкретному вузу (ЧОУ ВО «Южный университет (ИУБиП)» и провести как математический, так и реальный эксперимент по его управлению. Основные подходы к решению поставленных в диссертации задач описаны в работах автора и отражены в главе 4.

3.3 Разработка структуры диалоговых окон для разработанных моделей и алгоритмов

В рамках реализации разработанных моделей и алгоритмов, обеспечивающих поддержку принятия решений в слабоструктурированных организационных системах, особое внимание уделено созданию интуитивно

понятного и эффективного пользовательского интерфейса. В частности, разработана структура диалоговых окон для программных модулей, описанных ниже.

3.3.1 Программа нечеткого сравнения с образцом (нечеткий бенчмаркинг)

Цель данного модуля – предоставление пользователю инструмента для сопоставления текущего состояния организационной системы и ее информационных компонент с заданными эталонами (образцами) на основе нечетких критериев. [10, 24]. Структура диалоговых окон обеспечивает последовательное выполнение следующих действий (рисунок 3.8):

1. Ввод/загрузка данных об образце (эталоне)
2. Ввод/загрузка данных об оцениваемой системе.
3. Выбор критериев и определение их весов:
 - окно позволяет выбрать критерии, которые будут использоваться для сравнения;
 - предоставляется возможность определения весов критериев, отражающих их относительную важность;
 - возможность использования экспертных оценок для определения весов.
4. Выбор метода нечеткого сравнения.

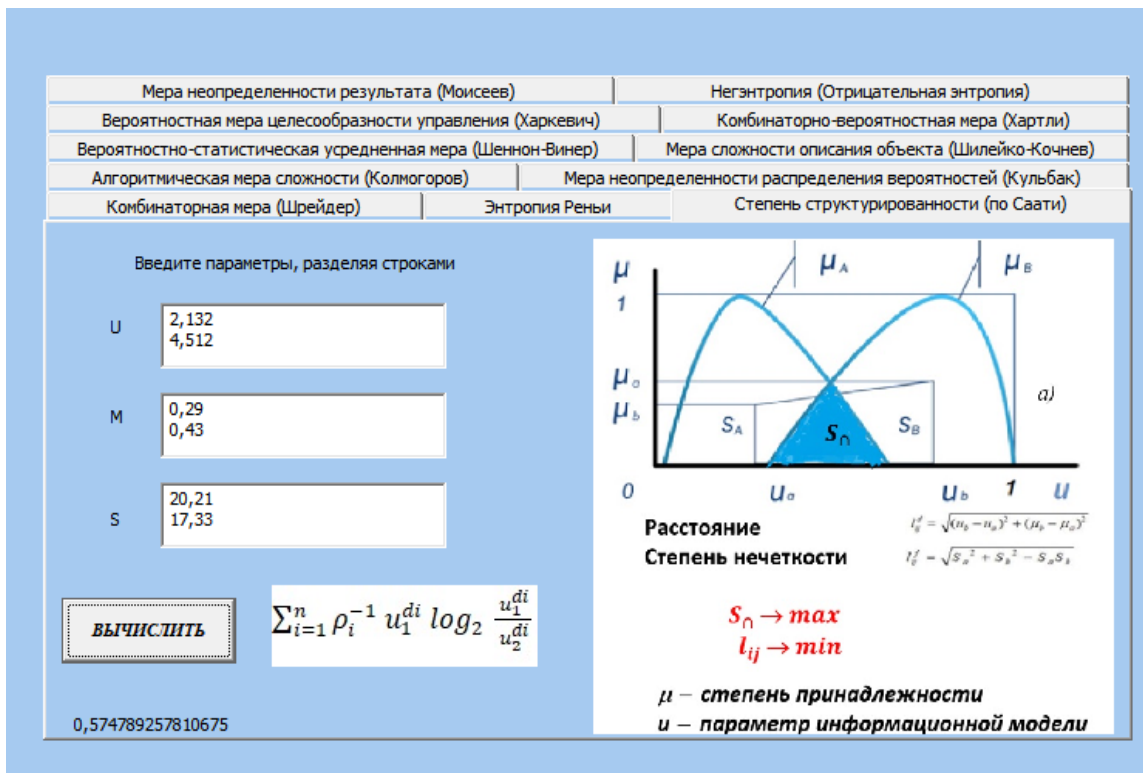


Рисунок 3.8 – Диалоговое окно программы нечеткого сравнения с образцом

5. Отображение результатов сравнения:

- окно отображает результаты сравнения в виде диаграммы или графика функции принадлежности (рисунок 3.8);
- представление информации о степени соответствия оцениваемой системы образцу по каждому критерию и в целом.

3.3.2 Окно программы для выбора интернет-параметров значимых факторов в когнитивном моделировании

Данный модуль предназначен для автоматизированного сбора данных из сети Интернет, необходимых для формирования нечетких когнитивных карт (НКК) [3,13]. Структура диалогового окна (рисунок 3.9) обеспечивает:

- 1) определение списка значимых факторов: пользователь задает список факторов, которые будут использованы для построения НКК;
- 2) настройку параметров поиска в сети Интернет.
- 3) задание правил извлечения данных;
- 4) предварительную обработку и фильтрацию данных;
- 5) визуализацию результатов сбора данных.

Параметры

Перечень объектов	Перечень показателей	Перечень категорий
<input checked="" type="checkbox"/> Обновляемость рабочих г <input checked="" type="checkbox"/> Связь с обобщенным зака <input checked="" type="checkbox"/> Текущие атестации <input checked="" type="checkbox"/> Обеспеченность учебника <input checked="" type="checkbox"/> Обеспеченность ИТ-ресур <input type="checkbox"/> Квалификация ППР	<input checked="" type="checkbox"/> Информационная перколяция <input checked="" type="checkbox"/> Информационные риски <input checked="" type="checkbox"/> Кибербезопасность <input checked="" type="checkbox"/> Финансовая эффективность <input checked="" type="checkbox"/> Уровень цифровизации	<input checked="" type="checkbox"/> Ниже среднего <input checked="" type="checkbox"/> Среднее <input checked="" type="checkbox"/> Выше среднего <input type="checkbox"/> Высокое
Добавить объект	Добавить показатель	Добавить категорию
Очистить	Очистить	Очистить

Задать значения случайно

Показатели, полученные опытным путем

	Информационная перколя	Информационные риски	Кибербезопасность	Финансовая эффективнос	Уровень цифровизаци
Приемная комиссия	78	61	31	33	15
Обновляемость рабочих п	89	90	75	32	57
Связь с обобщенным зака	16	83	64	31	70
Текущие атестации	34	3	7	60	0
Обеспеченность учебника	12	2	37	64	94
Обеспеченность ИТ-ресур	40	20	75	5	73

Рисунок 3.9 – Диалоговое окно программы для выбора интернет-параметров значимых факторов в когнитивном моделировании [109]

3.3.3 Программа для оценки информационных мер организационной системы

Цель данного модуля – оценка различных информационных характеристик организационной системы и ее компонентов на основе анализа данных о процессах ее деятельности. Структура диалогового окна (рисунок 3.10) обеспечивает:

1. Выбор показателей для оценки. Предоставление списка доступных информационных мер (показателей):

- энтропия;
- взаимная информация;
- связанность;
- разнообразие.

2. Настройку параметров расчета показателей.

3. Отображение результатов оценки.

4. Анализ полученных результатов.

5. Предоставление инструментов для анализа полученных результатов (например, статистические тесты, построение гистограмм).

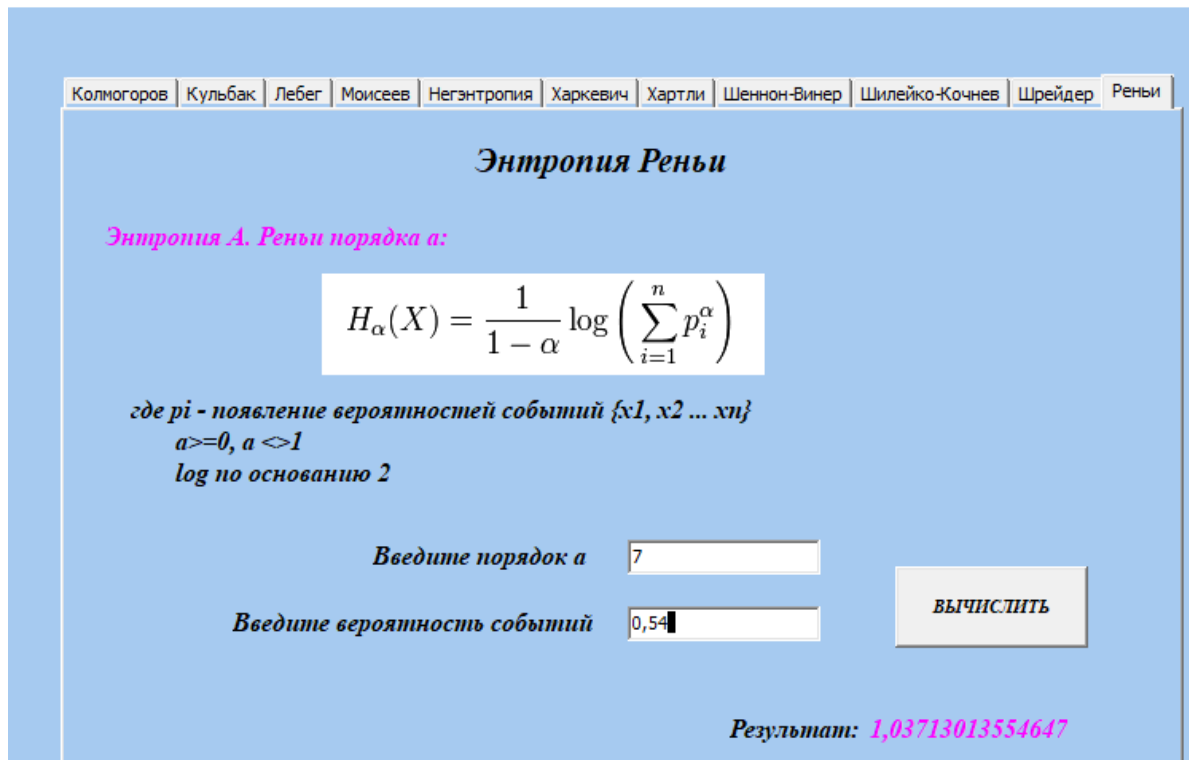


Рисунок 3.10 – Диалоговое окно для оценки информационных мер организационной системы

Разработанная структура диалоговых окон направлена на обеспечение эффективного взаимодействия пользователя с разработанными моделями и алгоритмами, что способствует повышению качества принимаемых управленческих решений и эффективности функционирования организационных систем.

Выводы по третьей главе

1. Формируя образованную личность выпускника вуза, необходимо учесть его основные качественные характеристики, обеспечить гармонию знаний, умений и навыков по специальности, кругозор и умение находить нестандартные решения в новых ситуациях, исследовать проблемы, а также умение действовать в изменяющемся социуме. Учет всех трех сторон подготовки специалиста может быть обеспечен при реализации вузом его основных миссий – слабоструктурированной, научной и социальной.

2. Нечеткость в субъективном подходе к принятию управленческих решений может быть нивелирована путем использования соответствующих мягких моделей и мягких вычислений за счет введения функции принадлежности. При этом возникает необходимость адаптировать классический аппарат нечеткой математики к решению задач в области информационных технологий. Вариант такой адаптации представлен в данном исследовании как способ сравнения нечетких информационных объектов.

3. Практическим развитием и применением этого способа является модель нечеткого многопараметрического выбора, помогающая лицу, принимающему решения, учитывать одновременно несколько нечетких условий и ограничений при решении практических задач.

4. Для уменьшения субъективности при принятии решений использован когнитивный подход, рассмотренный в данном исследовании применительно к мягкой настройке интеллектуального управляющего модуля. Использование когнитивного подхода в совокупности с вычислительными процедурами, предложенными в рамках метода анализа иерархий Т. Саати [85], позволило обнаружить причинно-следственные связи в организации комплексной безопасности вуза.

Рассмотрим далее решения прикладных задач моделирования поддержки управления в вузах.

Глава 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗРАБОТАННЫХ МОДЕЛЕЙ, АЛГОРИТМОВ И ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ В ПРАКТИКЕ УПРАВЛЕНИЯ

В четвертой главе рассматриваются итоги проведенного исследования, основные результаты и выводы, полученные в ходе работы. В их числе структура программного моделирования процессов принятия управленческих решений посредством интеллектуального управляющего модуля, а также результаты практического применения разработанных средств, полученных в ходе исследований: методов, способов и методик поддержки управления организационной системой – региональным вузом.

Акцентируется внимание на том, как разработанные методы и подходы к интеллектуализации процессов принятия решений могут быть применены в контексте слабоструктурированных информационных связей внутри организационных систем. Показана значимость использованных мягких моделей, которые позволяют учитывать неопределенность и множественность факторов, влияющих на принятие решений, и их роль в улучшении качества этих процессов. Обсуждаются проведение и анализ эксперимента по управлению второй миссией университета в региональном вузе за период 2021–2025 гг.

4.1 Анализ и разработка мягких математических моделей структуры управления образовательными процессами

В результате исследований было доказано, что предложенный подход в полной мере вписывается в «мягкую парадигму» оценок качества подготовки специалистов. С учетом этого подхода, в работе предложена структура управления образованием, показанная на рисунке 4.1.

В состав мягких оценок в рамках этой работы включены следующие внутренние, связанные непосредственно с учебным процессом, и внешние показатели качества образования.

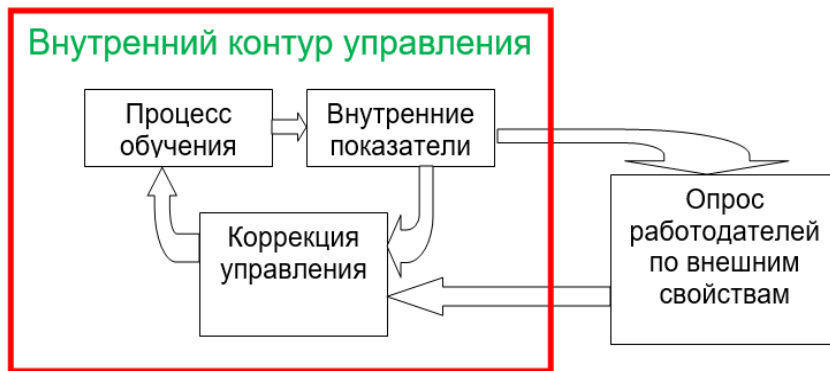


Рисунок 4.1 – Управление вузом на основе мягких моделей

Кроме того, с учетом сложившейся практики, мониторинга образовательных учреждений в стране и мире управление эффективностью можно оценивать по критериям, связанным с известным разделением процесса образования на три миссии (рисунок 1.3).

Исходя из определения смысла и цели образования, данные в первой главе, перейдем от структуры, представленной на рисунке 1.3, к трехкомпонентной модели управления данными, имея в виду следующее. Модель ориентирована на три миссии университета: учебную (Q_1), научную (Q_2) и социальную (инновационную) (Q_3). Для наглядности эти миссии можно представить в виде трех измерений (см. рисунок 2.1).

Агрегирование компонентов миссий университета реализовано с использованием соответствующих шкал (функций агрегирования). Особенностью примененной в работе шкалы (как среднего взвешенного по отдельным показателям) является наличие весов $W = (w_1, w_2, w_3 \dots w_n)$, с помощью которых учитывается «вклад» каждой частной оценки в обобщенную оценку, при этом вес отражает значимость соответствующего источника информации (показателя). При этом принято [87]: n_j – количество источников для j - номера миссии, соответственно, $n_1 = 4$, $n_2 = 4$, $n_3 = 8$. Предполагается перевод обучаемого из нечеткого состояния Z_0 (абитуриент) в нечеткое состояние Z_m (выпускник).

Организация учебного процесса значительно усложняется из-за включения в нее множества факторов, таких как социальные, психолого-педагогические и

административные аспекты. В этой связи для цифровизированного (интеллектуализированного [84]) обучения важно учитывать параметры, которые значительно влияют на эффективность учебного процесса. К таким параметрам относятся, например, характеристики учебного материала, индивидуальные особенности обучаемых, а также спецификации обучающих программных продуктов.

Центральной функцией цифровизированного обучения является процесс формирования знаний у обучаемого. Он начинается в ситуации, когда текущее состояние знаний обучаемого дифференцируется как неполное, что включает в себя четыре этапа. Вначале необходимо определить, какие именно знания необходимо развивать (чему учить); затем выбирается оптимальный момент для обучения (когда учить); далее следует определить методологию обучения (как учить); и наконец, реализуется выбранный метод обучения.

При этом основной предпосылкой для построения модели обучения служит модель целенаправленного обучения, которая предполагает наличие заранее заданной цели, заключающейся в формировании подмножества знаний и умений в конкретной области информационного пространства, изучаемой студентом. Процесс обучения включает в себя, в том числе выявление изученных и незавершенных знаний, после чего из всех недоученных элементов выбирается подмножество, которое будет осваиваться на данном этапе.

С математической точки зрения задача обучения в автоматизированных системах управления рассматривается как задача дискретного управления многошаговым процессом, имеющим заданное конечное состояние и набор допустимых действий. В роли целевой функции выступает максимизация передачи знаний. Ограничения включают в себя время и стоимость обучения, а также устойчивость психологического профиля обучаемого.

Коррекция образовательного процесса осуществляется в два этапа: на первом этапе определяется текущая цель обучения, а на втором – планируются конкретные действия, необходимые для достижения этой цели. Для успешного осуществления коррекционных мероприятий необходима информация, полученная в результате

диагностики и анализа учебной деятельности обучаемого, а также результаты психологического тестирования обучаемого. В результате этих данных система управления вырабатывает необходимый набор задач и корректирует правила управления процессом обучения.

Для решения задачи коррекции дидактического процесса предлагается использовать квадраты Вейтча – Карно [124], представляющие собой таблицы управляющих воздействий. Например, для трех групп свойств обучаемых – интеллектуальных (I), мотивационных (M) и психологических (Ψ) – квадраты Вейтча организуются в виде таблицы, где каждая ячейка характеризует наличие или отсутствие соответствующих компонентов (рисунок 4.2).

	I		\bar{I}	
M	$IM\bar{\Psi}^1$	$IM\Psi^2$	$\bar{I}\bar{M}\Psi^3$	$\bar{I}\bar{M}\bar{\Psi}^4$
\bar{M}	$\bar{I}\bar{M}\bar{\Psi}^5$	$\bar{I}\bar{M}\Psi^6$	$\bar{I}\bar{M}\Psi^7$	$\bar{I}\bar{M}\bar{\Psi}^8$
	$\bar{\Psi}$	Ψ		$\bar{\Psi}$

Рисунок 4.2 – Таблица Вейтча – Карно

Переход из одного состояния обучаемого в другое осуществляется на основе анализа степени выраженности указанных свойств. Наличие нечеткости в оценке состояния обучаемого можно моделировать с использованием теории нечетких множеств, вводя функцию принадлежности.

Процесс оценки и коррекции обучения также предполагает использование нечетких моделей коллективных решений для адаптации образовательной системы к индивидуальным свойствам обучаемых. Эта система обеспечивает более наглядную структуру для решения задач коррекции дидактического процесса, учитывающую три группы свойств обучаемого.

Подводя итог, следует отметить, что разработанные модели и алгоритмы спроектированы с учетом необходимости адаптации образовательных систем к реалиям современных требований и особенностям обучаемых.

Квадраты, расположенные в строках I, M, Ψ , содержат соответствующую составляющую в данном наборе. Ячейки, содержащие $\bar{I}, \bar{M}, \bar{\Psi}$, характеризуются отсутствием соответствующей составляющей в данном наборе. Каждый набор рассматривается взаимосвязанным с остальными наборами. Переход из одного состояния обучаемого, характеризуемого набором свойств, в другое (например, $\bar{I}, \bar{M}, \bar{\Psi} \rightarrow I, M, \Psi$) выполняется на основе анализа степени выраженности указанных свойств у обучаемого и, как следствие этого, применения управляющих воздействий (обучающих методик). Ввиду трудности осуществления переход происходит не по кратчайшему пути, а через некоторую последовательность состояний.

Для наглядности таблицу Вейтча в нашем случае можно представить в виде трехмерной модели на октаэдре (рисунок 4.3).

Из рисунка видно, что переход из плоскости недостаточной выраженности свойств ($\bar{I} \bar{M} \bar{\Psi}$) в желаемую ($I M \Psi$) целесообразно выполнить, минуя вершины октаэдра. Квадраты, расположенные в строках I, M , и Ψ , отражают наличие соответствующих составляющих в анализируемом наборе свойств. Ячейки, содержащие символы содержащие $\bar{I}, \bar{M}, \bar{\Psi}$, характеризуются отсутствием данных составляющих в рассматриваемом наборе. Каждый набор свойств рассматривается как взаимосвязанный с остальными наборами, что обеспечивает целостность анализа.

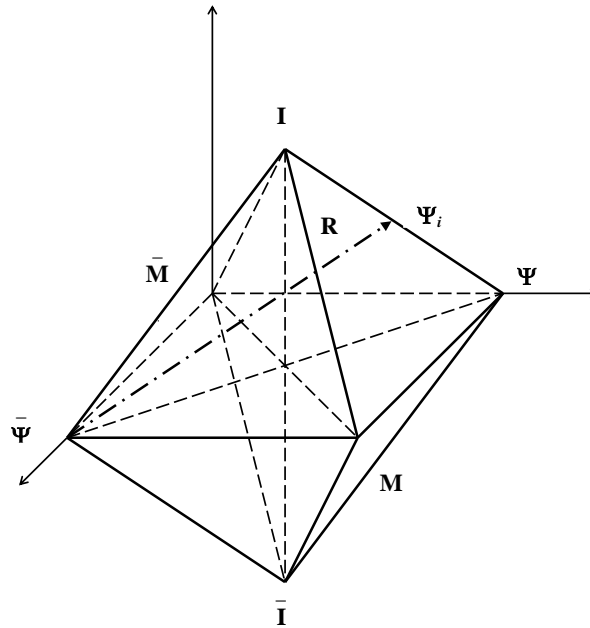


Рисунок 4.3 – Трехкомпонентная трехмерная модель обучения

Следует отметить, что определение нахождения обучаемого в данный момент на конкретном поле квадрата Вейтча и необходимость применения соответствующей обучающей методики основаны либо на в результате использования эксперта субъективном мнении преподавателя, либо на результатах применения математических методов анализа больших данных, в том числе использовании нейросетевых подходов.

Нечеткость как в субъективном, так и нейросетевом подходе может быть представлена с помощью аппарата теории нечетких множеств путем введения функции принадлежности $\mu_A(I, M, \Psi)$.

Нечеткое множество A определяется как совокупность упорядоченных пар, составленных из элементов x_I, x_M, x_Ψ и соответствующих степеней принадлежности $\mu_A(x)$. Это означает, что переход от полной непринадлежности состояния обучаемого набору указанных выше свойств к полной его принадлежности происходит не скачком, а плавно, постепенно, причем принадлежность выражается числом из интервала $[0, 1]$. Для нечеткого множества A функция принадлежности принимает следующий вид:

$$\mu_A(x) = (\mu_I \wedge \mu_M \wedge \mu_\Psi)(x) = \min \{ \mu(x_I), \mu(x_M), \mu(x_\Psi) \} \quad (4.1)$$

для любого x из универсального множества X .

Переходы $\bar{I} \rightarrow I$, $\bar{M} \rightarrow M$, $\bar{\Psi} \rightarrow \Psi$ вычисляются как переходы к дополнениям соответствующих нечетких множеств:

$$\left. \begin{aligned} \mu_{I'} &= 1 - \mu_I, \\ \mu_{M'} &= 1 - \mu_M, \\ \mu_{\Psi'} &= 1 - \mu_{\Psi}. \end{aligned} \right\} \quad (4.2)$$

Переход между состояниями обучаемого, характеризуемыми различными наборами свойств, осуществляется на основе количественной и качественной оценки степени выраженности указанных свойств у обучаемого, а также применения соответствующих управляющих воздействий (обучающих методик). В силу сложности реализации переходов между состояниями они выполняются не по кратчайшему пути, а через определенную последовательность промежуточных состояний. Конкретные зависимости функций принадлежности от формы представления моделей представлены в исследованиях автора [110, 122].

4.2 Результаты моделирования принятия решений на базе нечетких методов

Поиск решения проблемной ситуации представляет собой многоитерационный процесс, в ходе которого множество доступных альтернатив последовательно сужается до множества приемлемых, а затем и до эффективных альтернатив. В ходе этого процесса последовательно задаются ограничения – критерии отбора, на основе которых и проводится оптимизация [86].

Сложность при принятии решений заключается в том, что критерии могут задаваться в нечетком виде – диапазонами (интервалами) значений, выраженными неравенствами, либо центрами множеств допустимых альтернатив [1]. При таком подходе ожидается, что параметрическое описание проблемы – численное выражение оценок альтернатив по принимаемым к анализу критериям – будет анализироваться с использованием математического аппарата теории нечетких множеств, а именно – функций принадлежности и лингвистических переменных.

Общий вид процедуры принятия решения в условиях нечеткости требований приведен на рисунке 4.4.



Рисунок 4.4 – Нечеткий многопараметрический выбор

Как уже отмечалось ранее, вектор требований может иметь нечеткие координаты, в связи с чем использовать приведенную выше меру затруднительно. Для упрощения и дальнейшей автоматизации расчета и оценки рекомендуется ввести в модель принятия решения величину центр множества. В случае если требование по j -му параметру выражается интервалом значений, к примеру $[3; +\infty)$, то центром множества будет медианное значение ряда, входящего в заданный интервал. Если же требование представляет собой нечеткое множество, то его центром следует считать заданную величину – например, для множества около 2 это будет 2.

Программная реализация функции поиска центра множества для требования на языке Python приведена на рисунке 4.5.

Приведенная на рисунке 4.5 логика вызывается для случая, когда требование выражено бесконечно большим интервалом. Получая на входе стартовое значение требования a , она наполняет список `test` 21 величинами, наращенными на произведение индекса i и шага `step`. В данном случае шаг равен 5. Затем для ряда `test` ищется медианное значение на основе округления частного от деления длины ряда на 2. Элемент списка с полученным индексом и планируется рассматривать

как центр множества по заданному требованию. Функция использует динамический расчет центрального индекса для последующего масштабирования алгоритма.

```
def generateCenter(a):  
    test = []  
    start = a  
    step = 5  
    for i in range(0, 20):  
        if (i == 0):  
            number = start  
        else:  
            number = start + step * (i)  
        test.append(number)  
    center = test[round(len(test) / 2)]  
    return center
```

Рисунок 4.5 – Функция поиска центра множества для нечеткого требования

Функция предназначена для обработки требований, заданных в форме бесконечных интервалов, и формирует список из 21 элемента, значения которых последовательно увеличиваются на величину, умноженную на индекс элемента. В качестве центра множества выбирается медианное значение списка. Реализованный алгоритм использует динамический расчет индекса центрального элемента для обеспечения масштабируемости.

Функция подсчета взвешенного расстояния Хэмминга для каждой альтернативы приведена на рисунке 4.6.

Функция предназначена для обработки требований, заданных в форме бесконечных интервалов, и формирует список из 21 элемента, значения которых последовательно увеличиваются на величину, умноженную на индекс элемента. В качестве центра множества выбирается медианное значение списка. Реализованный алгоритм использует динамический расчет индекса центрального элемента для обеспечения масштабируемости.

```

def HammingDistance(values, requirements, weights):
    result = []
    for option in values:
        push = []
        for value in option:
            index = option.index(value)
            if (requirements[index][0] == 'Не менее'):
                req = generateCenter(requirements[index][1])
            else:
                req = requirements[index][1]
            mark = round(weights[0][index]*(req - value), 3)
            push.append(mark)
        result.append(push)
    return result

```

Рисунок 4.6 – Функция подсчета расстояния Хэмминга

Наличие детерминированной (D_i) и неопределенной (F_i) составляющих для каждого i -го варианта определяется по формулам:

$$D_i = \sum_{j=1}^n W_i l_{ij}^d, \quad (4.3)$$

$$F_i = \sum_{j=1}^n W_i l_{ij}^f. \quad (4.4)$$

В случае наличия неопределенности в исходных данных, показатель (см.рис.4.6) в явном виде не может быть использован, так как он не предусматривает работы с нечеткими величинами [87]. В связи с этим в модель принятия решения предлагается встроить функцию принадлежности вида гауссианы с заданными крутизной и центром множества [28]. Аналитическое описание функции приведено ниже:

$$MF(x) = \exp \left[- \left(\frac{x-c}{\sigma} \right)^2 \right], \quad (4.5)$$

где x – оценка i -й альтернативы по j -му параметру; c – центр множества; σ – крутизна (размытость) функции.

Значение выражения (4.4) для каждой оценки покажет степень вхождения параметра в заданный требованием интервал (рисунок 4.7).

Как видно на рисунке 4.7, функция принимает аналогичные списки параметров, а затем формирует список значений мер на основе формулы (см.рис.4.8). При этом учитывается нечеткость требований – в случае задания

требования неравенством запрашивается генерация медианного числа через `generateCenter`.

```
def calcD(values, weights, requirements):
    D_list = []
    for option in values:
        push = []
        for value in option:
            index = option.index(value)
            if (requirements[index][0] == 'Не менее'):
                req = generateCenter(requirements[index][1])
            else:
                req = requirements[index][1]
            check = exp(-1 * ((value - req) / 2) ** 2)
            push.append(round(weights[0][index]*check, 3))
        D_list.append(round(sum(push), 3))
    return D_list
```

Рисунок 4.7 – Функция подсчета меры D для нечеткого требования

Крутизна функции для целей данной работы принята равной 2. Функция подсчета неопределенной составляющей приведена ниже (рисунок 4.8).

```
def calcF(values, weights):
    F_list = []
    for option in values:
        push = []
        for value in option:
            index = option.index(value)
            F = round(weights[0][index]*value, 3)
            push.append(F)
        F_list.append(round(sum(push), 3))
    return F_list
```

Рисунок 4.8 – Функция подсчета меры F

Как видно из рисунка 4.8, функция принимает списки расстояний и весовых коэффициентов и затем возвращает список значений меры, округленных до трех знаков после запятой.

Полное рассогласование может быть выражено следующим образом:

$$L_i^W = D_i \pm F_i / 2. \quad (4.6)$$

Следуя логике, оптимальным следует считать такой вариант, по которому наблюдается минимальное расстояние между оценками и вектором требований [100]. Необходимо определить рассогласование по минимальным значениям мер D и F , зафиксировать его в качестве эталонного, а затем проверить рассогласования по всем альтернативам на степень принадлежности эталонной величине. Соответственно, оптимальным при таком подходе будет тот набор оценок, который обеспечивает максимальное соответствие с эталоном [100].

Используя созданную структуру функций, а также возможности библиотек Tkinter и openpyxl, создадим приложение для автоматизации цикла многопараметрической оптимизации. Общий вид приложения приведен на рисунке 4.8.

Нажав на кнопку *Вывести расстояния и меры*, запустим функции расчета и вызовем отображение всех расстояний и мер в указанной размерности. Программа определит альтернативу, максимально близкую к эталону, и порекомендует ее выбор в модальном окне. В текущем случае это альтернатива 2.

Заложенная в алгоритм оценки масштабируемость позволяет применять его на неограниченных выборках альтернатив и их описаний. Поле практического применения рассматриваемого алгоритма также неограниченно и позволяет автоматизировать циклы оценки альтернатив в образовании, экономике, финансах, маркетинге и пр.

4.3 Результаты применения методов моделирования для организации учебного процесса

Особенностью ИУМ как сложной системы является трудность определения единого критерия эффективности функционирования. Обычно имеется несколько критериев, каждый из которых может стать доминирующим в зависимости от внешних условий и состояния системы. Единый обобщенный критерий должен численно характеризовать степень удовлетворения требований, оценивать степень

влияния на эффективность ИУМ различных показателей, факторов и параметров [Ошибка! Источник ссылки не найден.].

После описания исходных данных необходимо сформировать технические требования к ИУМ, которые должны быть представлены в том же виде и в тех же терминах, что и исходные данные. Форма представления должна предусматривать возможность неточного описания параметров технических требований, так как на ранних стадиях проектирования невозможно заранее оценить, какими техническими характеристиками должна обладать выбираемая ИУМ. По существу, технические требования выступают в роли неточно сформулированного запроса в базу данных ИУМ.

К наиболее часто встречающимся показателям ИУМ, фигурирующим в требованиях к системе, относятся универсальность, полнота решения основных задач, быстродействие (оперативность решения задачи), стоимость, эксплуатационная надежность и ряд других. Характерно, что в большинстве работ указываются лингвистические описания требований на параметры. Так быстродействие оценивается, в основном, как «Высокое», стоимость как «Низкая», универсальность как «Значительная» или «Повышенная». По отдельным параметрам требования не выдвигаются, по другим – присутствуют, но не указана оценка величины. В столбцах таблицы базы данных могут быть приведены лингвистические значения параметров обобщенных технических требований, которые получены по принципу поглощения менее жестких более жесткими [33, Ошибка! Источник ссылки не найден.]. Чтобы использовать эти значения в качестве параметров технического задания, необходимо разработать единую форму представления неопределенностей интервального, статистического и лингвистического характера.

В данной работе при решении задачи выбора ИУМ обработки учебной и управленческой информации предлагается формализовать обобщенные требования к нему в виде лингвистических оценок с использованием аппарата теории нечетких множеств [55] и разработать структуру данных для представления параметров и требований к ПК.

Очевидно, только при формализации всех видов неопределенности имеющих в описании технических характеристик и требований метод выбора ИУМ может быть автоматизирован [60].

В качестве конкретного примера выявления эффективного программного средства из набора доступных, на основе метода нечеткого многопараметрического выбора, разработанного в данной диссертации, рассмотрим вариант такого выбора для поддержки дистанционных занятий в вузе (рисунок 4.9). Теоретические обоснования приведены в п. 2.1.

Система	Moodle	1С: предприятие	Cisco Webex
Эксплуатационная независимость	1	1	1
Административная независимость элементов	1	0,9	0,8
Эмерджентностью от объединения в систему	0,3	0,7	0,6
Эволюционное развитие	0,2	0,9	0,8
Географическое распределение элементов	1	0,1	0,4
Динамическая организационная структура - самоорганизации	0,1	0,1	0,05
Адаптация	0,6	0,3	0,3

Вариант инструмента	Учитываемые параметры				
	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	
Moodle	V ₁	3	80	3	10
1С: предприятие	V ₂	5	22	1	3
Cisco Weber Teams	V ₃	4	16	1	3
Доцент	V ₄	6	1	1	16
Hypermethod eLearning Server 4G	V ₅	7	4	3	10
Вектор требований	V ₆	≥3	≥3	≥2	≥5
Вектор предпочтений W		0,2	0,3	0,2	0,3

а

Вариант инструмента		Невязки				Рассогласование	
		P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	D _i	F _i
Moodle	V ₁	0	0	0	0	0	0
1С: предприятие	V ₂	0	0	0,2	0,6	3	0,22
Cisco Weber Teams	V ₃	0	0	0,2	0,6	1	0,22
Доцент	V ₄	0	0,6	0,2	0	3	0,22
Hypermethod eLearning Server 4G	V ₅	0	0	0	0	0	0
Вектор требований	V ₆	≥3	≥3	≥2	≥5		
Вектор предпочтений W		0,2	0,3	0,2	0,3		

б

$L_1^w = D_{1min} + \frac{Y_{1min}}{2} = 0$
$i^* = \arg [\min_i \{ D_i \pm F_i / 2 \}] = 1$

в

Рисунок 4.9 – Матрицы решения по интеллектуальному выбору ПО

Исходными данными выступают значимые для пользователей (например, преподавателей вуза) свойства ПС:

1 – степень выполнимости решаемых на занятиях задач с помощью данного ПС – рисунок 4.9, а;

2 – характеристики производительности – рисунок 4.9, б;

3 – собственно вычислительная матрица, формирующая номер предпочтительного ПС (рисунок 4.9, в) по формуле $i^* = \arg [\min_i (|D_i \pm Y/2|)]$.

Параметрический выбор варианта ПС является важным этапом внедрения ИУМ в учебный процесс. В соответствии с решаемой задачей управления и конкретными учебными условиями необходимо произвести выбор, компоновку и настройку структуры программного и аппаратного обеспечения ИУМ. Элементы методики параметрического выбора ИУМ используются при выборе структуры АО и маршрута обработки учебных ситуаций в рамках выбранной структуры.

4.4 Оценка качества управления образовательной организацией и результаты натурального эксперимента

Управление образовательной организацией представляет собой сложный процесс, требующий учета множества факторов: от стратегического планирования до оперативного реагирования на запросы участников образовательного процесса. Качество управления напрямую влияет на эффективность работы учреждения, уровень удовлетворенности обучающихся и преподавателей, а также на достижение поставленных целей. Одним из способов оценки этого качества является использование системных показателей, которые позволяют количественно и качественно оценивать деятельность организации.

Рассмотрим подходы к оценке качества управления образовательной организацией, использованные в данном исследовании, проанализируем системные показатели, используемые в работе, и представим результаты натурального эксперимента, проведенного для проверки эффективности выбранных методик.

4.4.1 Основные аспекты оценки качества управления и системные показатели в оценке качества управления

Качество управления образовательной организацией зависит от множества факторов, таких как:

1. Стратегическое управление: наличие четкой миссии, целей и задач, а также их соответствие потребностям общества.

2. Организационная культура: психологический климат внутри коллектива, уровень взаимодействия между участниками образовательного процесса.

3. Эффективность ресурсного обеспечения: оптимальное использование материальных, финансовых и кадровых ресурсов.

4. Результативность образовательного процесса: достижение запланированных образовательных результатов обучающимися.

5. Обратная связь: учет мнений всех заинтересованных сторон (обучающихся, работодателей, родителей, педагогов).

Для оценки этих аспектов используются различные инструменты, включая анкетирование, анализ статистических данных, наблюдение и экспертную оценку.

Системные показатели представляют собой количественные и качественные характеристики, которые позволяют оценить состояние и динамику развития образовательной организации. Применительно к данной работе они должны быть:

А. Измеримыми: в процессе мониторинга Министерством образования и науки РФ.

Б. Релевантными: соответствующими целям и задачам организации.

В. Сопоставимыми: позволять сравнивать не только числовые, детерминированные, но и нечеткие, качественные значения показателей.

Наиболее часто используемые системные показатели (рисунок 4.10) включают:

1. Показатели успеваемости и качества образования:
 - уровень освоения образовательных программ;
 - результаты внешних оценочных процедур.
2. Показатели удовлетворенности участников и «заинтересантов» образовательного процесса:
 - индекс удовлетворенности обучающихся, родителей, работодателей;
 - уровень лояльности преподавателей.
3. Показатели ресурсного обеспечения:
 - соотношение числа обучающихся и преподавателей;
 - доля финансирования на одного обучающегося.

4. Показатели инновационной активности:

- количество внедренных инновационных проектов;
- участие в грантовых программах и конкурсах.

5. Показатели социальной ответственности:

- уровень вовлеченности обучающихся в социальные проекты;
- частота проведения мероприятий, направленных на формирование гражданской позиции.

6. Когнитивно-ориентированные показатели [121]:

- степень структурированности управления (выявленность основных факторов);

- воздействие i -го фактора на j -й, доминирующее по силе влияние:

$$P_{ij} = \text{sign}((z_{ij} + z_{ij}^-) \max(z_{ij}, z_{ij}^-), |z_{ij}| \neq |z_{ij}^-|);$$

- влияние i -го фактора на систему: $P_i^- = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n p_{ij}$;

- влияние системы на j -й фактор: $P_j^- = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n p_{ij}$;

- консонанс влияния i -го фактора на j -й: $C_{ij} = \frac{|z_{ij} + z_{ij}^-|}{|z_{ij}| + |z_{ij}^-|}$;

- консонанс влияния i -го фактора на систему: $C_i^- = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n c_{ij}$;

- консонанс влияния системы на j -й фактор: $C_j^- = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n c_{ij}$;

- консонанс взаимного влияния i -го фактора на j -й: $C_{ij} = \frac{|z_{ji} + z_{ij}| + |z_{ji}^- + z_{ij}^-|}{|z_{ji} + z_{ij}| + |z_{ji}^- + z_{ij}^-|}$.

Системные показатели							
	Консонанс влияния концепта на систему	Консонанс влияния системы на концепт	Диссонанс влияния концепта на систему	Диссонанс влияния системы на концепт	Воздействие концепта на систему	Воздействие системы на концепт	Показатель централизации консонанса
1.Престижность	0.9425	0.7670	0.6029	0.2330	0.0148	0.1771	0.1756
2.Качество менеджмента	0.7212	1.0000	0.6424	0.8182	0.1677	0.0682	-0.2788
3.Число студентов	0.9425	0.7753	0.6029	0.2247	-0.0675	0.1473	0.1672
4.Квалификация ППС	0.9342	0.8137	0.6113	0.1863	0.0355	0.1603	0.1205
5.Транспарентность	0.9425	0.7753	0.6029	0.2247	0.1044	0.1005	0.1672
6.Комплексная безопасность	0.9425	0.7551	0.6029	0.2449	0.1530	0.0130	0.1875
7.Экология	0.9223	1.0000	0.6232	1.0000	0.1818	0.0000	-0.0777
8.Человеческий фактор	0.9425	1.0000	0.6029	0.7273	-0.1250	0.0795	-0.0575
9.Угроза терроризма	0.9425	1.0000	0.6029	0.7273	-0.1250	-0.0595	-0.0575
10.Техника и технологии	0.7212	1.0000	0.5515	0.9091	0.1193	0.0455	-0.2788
11.Толерантность	0.9324	1.0000	0.2494	1.0000	0.2727	0.0000	-0.0676

Рисунок 4.10 – Системные показатели, характеризующие конкурентоспособность исследуемого вуза

На основе приведенной таблицы (4.10) можно построить направленный граф характеризующий связность концептов для оценки свойств вуза как системы включая взаимодействия основных концептов. (рисунок 4.11)

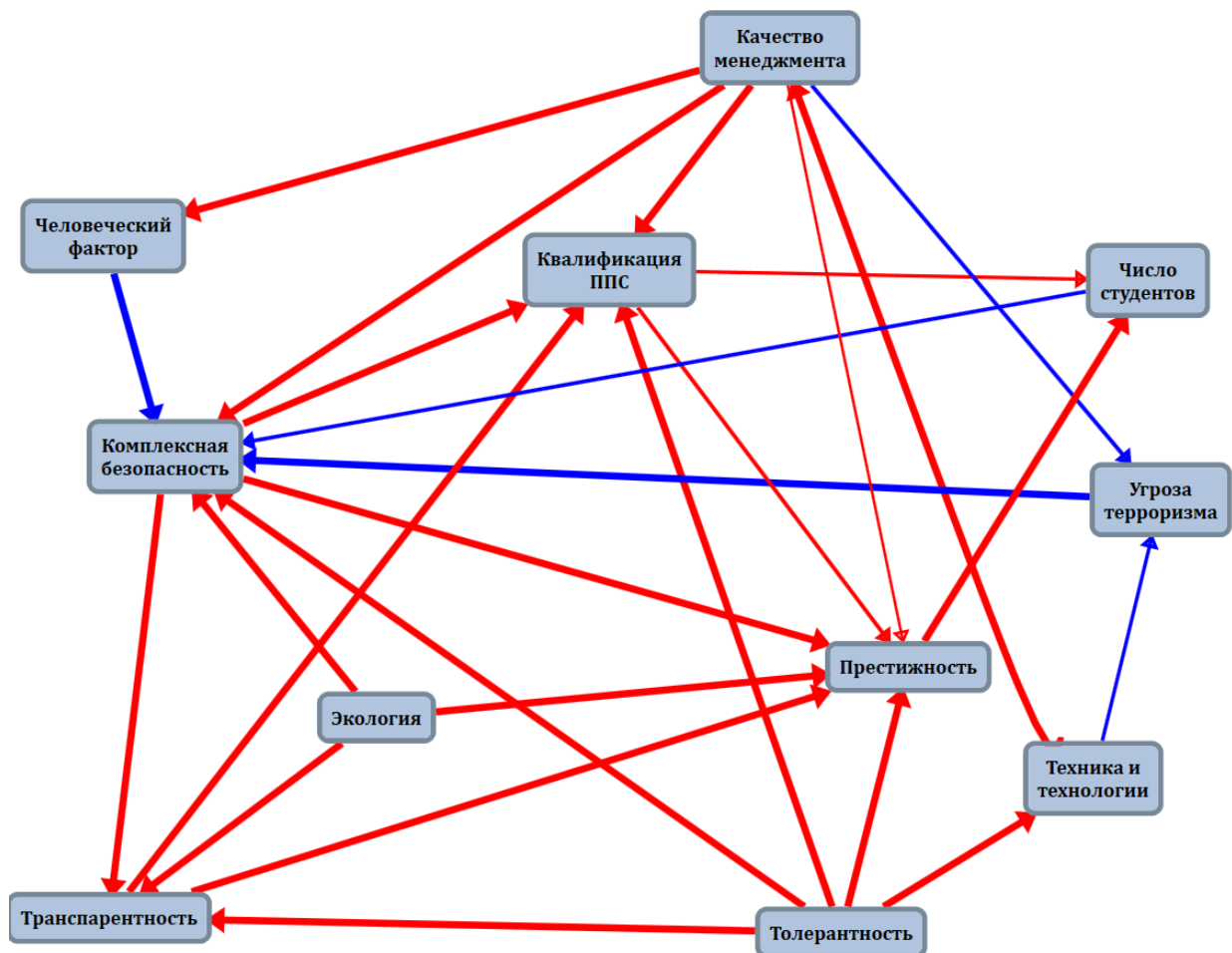


Рисунок 4.11 – ННК конкурентоспособности организации (вуза)

4.4.2 Натурный эксперимент: цель и методика

Для проверки эффективности использования указанных в п. 4.4.1 показателей был проведен натурный эксперимент в ЧОУ ВО «Южный университет (ИУБиП)». Цель эксперимента заключалась в выявлении корреляции между уровнем управления и достижением результатов в научных исследованиях.

	Консонанс влияния концепта на систему	Консонанс влияния системы на концепт	Диссонанс влияния концепта на систему	Диссонанс влияния системы на концепт	Воздействие концепта на систему	Воздействие системы на концепт
1.Готовность П	1,0000	1,0000	0,8889	1,0000	0,0417	0,0000
2.Мотивация П	1,0000	1,0000	0,8889	1,0000	0,0167	0,0000
3.Мотивация С	1,0000	1,0000	0,8889	1,0000	0,0217	0,0000
4.Подготовленность С	1,0000	1,0000	0,8889	1,0000	0,0217	0,0000
5.Психонастрой С	1,0000	1,0000	0,8889	1,0000	0,0072	0,0000
6.Уровень знаний С	1,0000	1,0000	0,8889	1,0000	0,0144	0,0000
7.Уровень интеллекта Р	1,0000	1,0000	0,8889	1,0000	0,0289	0,0000
8.База знаний	1,0000	1,0000	0,8889	1,0000	0,0217	0,0000
9.Дидактические возможности Р	1,0000	1,0000	0,8889	1,0000	0,0072	0,0000
10.Языковая совместимость	1,0000	1,0000	0,8889	1,0000	0,0144	0,0000
11.Вредные привычки	1,0000	1,0000	0,8889	1,0000	-0,0361	0,0000
12.Болезнь	1,0000	1,0000	0,8889	1,0000	-0,0361	0,0000
13.Успешность занятий	1,0000	1,0000	1,0000	0,0556	0,0000	0,1219
14.Преподаватель	1,0000	1,0000	0,9444	0,8333	0,0278	0,0583
15.Студент	1,0000	1,0000	0,9444	0,7778	0,0167	0,0500
16.Робот	1,0000	1,0000	0,9444	0,8333	0,0167	0,0444
17.Среда обучения	1,0000	1,0000	0,9444	0,8333	0,0167	-0,0444
▶ 18.Квалификация П	1,0000	1,0000	0,8889	1,0000	0,0292	0,0000

Рисунок 4.12 – Системные показатели оценки качества

Методика исследования:

- 1 Выборка: исследование результатов мониторинга Министерства образования и науки РФ.
- 2 Методы сбора данных:
 - анкетирование (удовлетворенность, мотивация, качество обучения и научных исследований);
 - анализ документации (статистические данные по успеваемости, посещаемости, участию в конкурсах);

- наблюдение (за деятельностью администрации и преподавателей).

3 Инструменты анализа:

- статистический анализ данных;
- SWOT-анализ для выявления сильных и слабых сторон управления.

Результаты натурального эксперимента:

По итогам эксперимента на основе вычисления когнитивно-ориентированных показателей для исследуемого вуза ЧОУ ВО ЮУ (ИУБиП) были получены результаты представленные на рисунке 4.12, которые позволяют сделать следующие выводы:

1. Положительная динамика по основным вопросам мониторинга научной деятельности и успеваемости:
2. Повышение удовлетворенности участников образовательного процесса:
 - индекс удовлетворенности обучающихся достиг 85 % (рост на 10 % по сравнению с предыдущим годом);
 - удовлетворенность родителей составила 90 %.
3. Оптимизация ресурсного обеспечения:
 - увеличился объем финансирования на внеклассные мероприятия (на 25 %);
 - снизилась текучесть кадров среди преподавателей (на 15 %).
4. Рост инновационной активности:
 - было реализовано пять новых образовательных проектов;
 - участие в грантовых программах позволило привлечь дополнительное финансирование.
5. Усиление социальной ответственности:
 - количество социально значимых мероприятий увеличилось на 30 %;
 - обучающиеся стали более активно участвовать в волонтерских проектах.

Натурный эксперимент подтвердил важность использования системных показателей для оценки качества управления образовательной организацией.

Правильно подобранные показатели позволяют не только выявить текущие проблемы, но и разработать стратегию их решения.

Основные выводы исследования:

1. Эффективное управление образовательной организацией напрямую влияет на результативность образовательного процесса.
2. Использование комплексного подхода к оценке качества управления позволяет достичь высоких показателей во всех ключевых областях.
3. Регулярный мониторинг системных показателей способствует своевременному выявлению проблем и их решению.

Таким образом, внедрение системных показателей в практику управления образовательной организацией является необходимым условием для повышения ее эффективности и конкурентоспособности.

Оценка качества управления образовательной организацией – это непрерывный процесс, требующий постоянного совершенствования методов и подходов. Результаты натурного эксперимента демонстрируют, что использование системных показателей позволяет не только оценить текущее состояние, но и прогнозировать дальнейшее развитие образовательного учреждения.

Оценка значимости связей в каждой цепи управления в рамках данного исследования выполнена с помощью метода анализа иерархий Т. Саати.

Таким образом, в результате вычислительного эксперимента были сформированы альтернативы воздействия на управляющие концепты когнитивной модели управления вузом, оценены перспективы развития вуза в 2021–2025 гг. в случае планового воздействия на образовательный менеджмент (таблица 4.1.)

Результаты сценарного анализа для второй, научно-исследовательской, миссии показаны на рисунке 4.13 (слева, черная линия). Сопоставление результатов вычислительного эксперимента с практической реализацией стратегии развития научно-исследовательской миссии, полученной посредством мониторинга Министерства образования и науки РФ (рисунок 4.13 справа, красная линия) показывает, что за пять лет эксперимента качество реализации этой миссии соотносится со средней по стране, как 3:1.

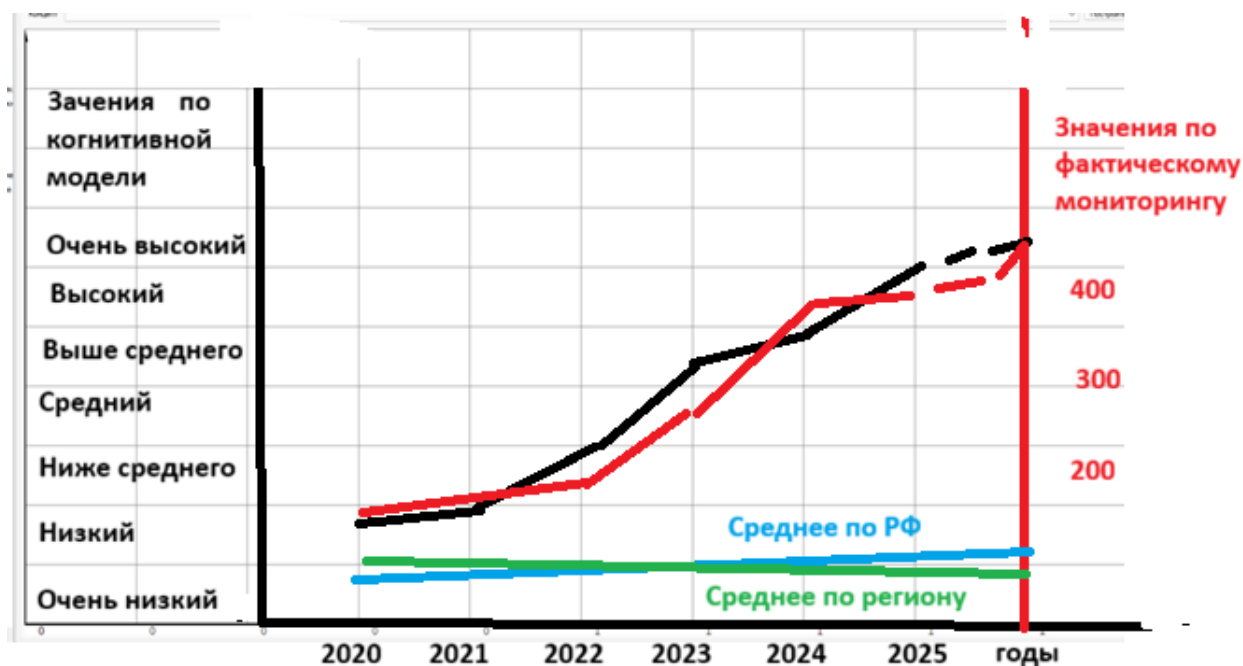


Рисунок 4.13 – Результаты натурального эксперимента по управлению второй миссией вуза (ЧОУ ВО «Южный университет (ИУБИП)») в 2021–2025 гг.

Таблица 4.1 – Результаты мониторинга состояния вуза по данным Министерством науки и высшего образования РФ

Наименование показателя	2021	2022	2023	2024	2025 Динамика	Медианные значения по		
						РФ	субъекту	ведомству
Е.1. Образовательная деятельность	55,12	54,22	55,51	57,42	60,74 +3,62%	62,8	59,00	53,19
Е.2. Научно-исследовательская деятельность	200,67	301,51	381,4	419,85	444,13 +4,59%	132,1	89,70	104,50
Е.3. Финансово-экономическая деятельность	2 917	3 601	3 873	4 425,73	4 578,8 +3,56%	4241	3950	3,599

Таким образом, результаты проведенного анализа подтверждают эффективность разработанных моделей и алгоритмов.

Выводы по четвертой главе

1. На основе теоретических исследований, проведенных в рамках диссертации, удалось решить ряд прикладных задач управления вузом. Проведена социально-экономическая оценка привлекательности вуза и определены параметры управляемости этой оценкой.

2. Разработаны и апробированы алгоритмы и программные средства реализации мягких моделей поддержки принятия решений для повышения эффективности процессов адаптации к динамике внутренних и внешних процессов управления образовательным учреждением. Разработаны модели управления образовательными процессами вуза и критерии их эффективности в условиях неполноты и нечеткости доступной для мониторинга информации и с учетом обеспечения комплексной безопасности.

3. Проведен натурный эксперимент по управлению второй миссией университета, позволивший повысить за 2021–2025 годы качество управления научными исследованиями до уровня в два раза большего, чем среднемианный, среди всех организаций страны.

4. Моделирование принятия образовательных решений в рамках возможностей языка PYTHON на базе нечетких методов применительно к условиям частного регионального вуза продемонстрировало перспективность научного направления Soft Computing как теоретического и практического инструментов гибкого управления социально-экономическим развитием региона.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе диссертационных исследований были получены следующие основные результаты:

1. Обоснована перспективность прогнозирования и оптимизации процессов цифровой трансформации на основе когнитивного подхода.

2. Предложены критерии эффективности и механизмы управления в слабоструктурированных организационных системах, обеспечивающие устойчивость развития и повышение качества их функционирования.

3. Разработаны оптимизационные когнитивные модели процессов цифровой трансформации при управлении качеством функционирования в организационных системах.

4. Предложен алгоритм нечеткого бенчмаркинга (сравнения с эталоном, в том числе с требованиями Министерства образования и науки РФ) и алгоритм реализации применительно к специфике слабоструктурированных организационных систем в условиях управления развитием и функционированием.

5. Разработаны алгоритмы интеллектуализации управления слабоструктурированными организационными системами на основе нечеткого многопараметрического выбора с использованием метода анализа иерархий.

6. Предложен способ выделения значимых концептов для оценки доступных информационных ресурсов организационной системы, а также алгоритм и программное средство его реализации.

7. Предложена структура программного комплекса в формате интеллектуального управляющего модуля, включающего разработанные в ходе исследования программные средства,

8. Проведена оценка результативности применения разработанных моделей, алгоритмов и программных средств в практике управления развитием слабоструктурированных организационных систем в условиях социальных, экономических, образовательных и административно-хозяйственных объектов.

Полученные в работе результаты исследования позволили выявить доступные для реализации альтернативы управления вузом, и обеспечить устойчивый рост качества образования за пять лет (2021–2025 гг.) от 1,13 раза (первая миссия университета) до 1,85 раза (вторая, научно-исследовательская, миссия университета), по данным мониторинга Министерства образования и науки РФ.

Перспективы дальнейшей разработки темы исследования могут быть связаны с рассмотрением более сложных систем организации управления ИТ-деятельностью образовательных учреждений за счет освоения методологии системной интеграции в нечетких человеко-машинных системах.

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ, УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

- АО – алгоритмическое обеспечение;
- АС – система;
- АСУ – автоматизированная система управления;
- ВО – высшее образование;
- ГОС – государственный образовательный стандарт;
- ДО – дистанционное обучение;
- ИОС – интеллектуальные обучающие системы;
- ИПС – интегрированные программные системы;
- ИС – информационная система;
- ИТО – информационная технология обучения;
- ИУМ – интеллектуальный управляющий модуль;
- КАДИС – комплекс автоматизированных дидактических средств;
- КС – компьютерные сети;
- КТ – квалификационные требования;
- ЛВС – локальная вычислительная сеть;
- ЛП – лингвистическая переменная;
- ЛПР – лицо, принимающее решение;
- МЗ – модель знаний;
- МИО – модель индивидуальных особенностей;
- ММТ – мультимедиа технологии;
- НИОКР – научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы;
- НИР – научно-исследовательская работа;
- НКК – нечеткие когнитивные карты;
- ОВ – обучающее воздействие;
- ОИ – обучающая информация;
- ООП – основная образовательная программа;
- ОУ – образовательное учреждение;

ПС – программное средство

РТС – робототехнические системы;

ССП – система сбалансированных показателей;

СЭРР – социально-экономическое развитие региона;

ТНМ – теория нечетких множеств;

ЦОС – цифровая образовательная среда;

ЦТ – цифровые технологии;

ЭСУ – эргатические системы управления;

LMS – система управления обучением.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акперов, Г. И. Идентификация социально-экономических объектов геоинформационного пространства методом семантической триангуляции / Г. И. Акперов, И. А. Осипенко, В. В. Храмов // Интеллектуальные ресурсы – региональному развитию. – 2020. – № 2. – С. 59–64. – EDN EJMVBМ.
2. Акперов, Г. И. Интеллектуальные информационные системы в эпоху цифровой экономики / Г. И. Акперов, И. Д. Алекперов, В. В. Храмов. – Ростов-на-Дону : ЮУ (ИУБиП), 2020. – 113 с. – EDN NY SXMG.
3. Акперов, Г. И. Способ когнитивной визуализации возможностей решения задачи управления бизнесом / Г. И. Акперов // Интеллектуальные ресурсы – региональному развитию. – 2020. – № 1. – С. 19–24. – EDN MB CPMS.
4. Акперов, Г. И. Внедрение технологии блокчейна в банковский сектор / Г. И. Акперов // Интеллектуальные ресурсы – региональному развитию. – 2017. – № 1-2. – С. 537–545. – EDN XR GGOL.
5. Акперов, Г. И. Оценка комплексной безопасности системы управления вузом на основе мягких моделей / Г. И. Акперов, И. М. Магеррамов, Е. В. Гребенюк // Современные информационные технологии и ИТ-образование. – 2021. – Т. 17, № 1. – С. 120–127. – DOI 10.25559/SITITO.17.202101.120-127
6. Акперов, Г. И. Проблемы повышения обеспечения конкурентоспособности ПАО «Сбербанк» в условиях цифровизации экономики / Г. И. Акперов // Интеллектуальные ресурсы – региональному развитию. – 2018. – № 1. – С. 288–298. – EDN LX RGAH.
7. Акперов, Г. И. Решение задач интернет-маркетинга средствами Python / Г. И. Акперов, И. М. Магеррамов // Вестник кибернетики. – 2022. – № 1 (45). – С. 54–62. – DOI 10.34822/1999-7604-2022-1-54-62.
8. Акперов, И. Г. Управление социально-экономическими системами региона – становление цифровой экономики / И. Г. Акперов, В. В. Храмов // Интеллектуальные ресурсы – региональному развитию. – 2020. – № 2. – С. 36–47. – EDN TP DSFZ.

9. Акперов, И. Г. Проблемы и перспективы оценки интеллектуального капитала и совершенствование новых форм обучения и переподготовки кадров в современных условиях / И. Г. Акперов, Г. И. Акперов // Ученые записки Института управления, бизнеса и права. Серия: Экономика. – 2017. – № 5. – С. 10–15.

10. Акперов, И. Г. Система нечеткого бенчмаркинга : свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ RU 2021615488 / И. Г. Акперов [и др.]. – № 2021615488 ; заявл. 04.12.2020; опублик. 08.04.2021. – EDN PNMUJH.

11. Арнольд, В. И. «Жесткие» и «мягкие» математические модели / В. И. Арнольд. – Москва : МЦНМО, 2014. – 32 с. – ISBN 978-5-4439-2008-5.

12. Баркалов, С. А. Информационное обеспечение определения парето-оптимального решения динамических задач календарного планирования / С. А. Баркалов, А. В. Белоусов // Проектное управление в строительстве. Научный журнал. – 2023. – № 1 (28). – С. 102–109. – ISSN 2686-7664. – EDN LECFEF.

13. Баркалов, С. А. Математические методы обработки групповой экспертизы / С. А. Баркалов, В. П. Морозов, С. И. Моисеев // Математические методы и информационные технологии в моделировании систем : материалы VI Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, Воронеж, 11 мая 2022 года. – Воронеж : ООО «Издательство «Научная книга», 2022. – С. 61–67. – ISBN 97859785907328198. – EDN VNWZJE.

14. Баркалов, С. А. Моделирование инновационного развития фирмы / С. А. Баркалов [и др.] // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия: Технические науки. – 2023. – № 2 (18). – С. 49–64. – DOI 10.46573/2658-5030-2023-2-49-64.

15. Баркалов, С. А. Моделирование системы оценки компетенций в управлении профессорско-преподавательским составом вуза / С. А. Баркалов [и др.] // XXI Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям (SCM-2018) : сборник докладов. В 2 т. Т. 2. – Санкт-Петербург : СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2018. – EDN SIXPPF.

16. Баркалов, С. А. Управление качеством учебного процесса в техническом университете : монография / С. А. Баркалов, В. Е. Белоусов, И. С. Суровцев. – Воронеж : ВГАСУ, 2006. – 234 с. – ISBN 5-89040-142-4.

17. Белоусов, В. Е. Алгоритм идентификации состояний многоуровневой технической системы с использованием расплывчатых категорий модели представления знаний / В. Е. Белоусов, И. П. Абросимов, О. В. Губина // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2017. – № 3. – С. 124–129. – ISSN 1995-5499. – EDN ZOGMRZ.

18. Болотова, Л. С. Системы поддержки принятия решений. В 2 ч. Ч. 2 / Л. С. Болотова ; ответственные редакторы В. Н. Волкова, Э. С. Болотов. – Москва : Издательство Юрайт, 2022. – 250 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-9916-8251-0.

19. Большой энциклопедический словарь / главный редактор А. М. Прохоров. – 2-е изд, перераб. и доп. – Москва, Санкт-Петербург : Большая Российская энциклопедия, Норинт, 2000. – 1434,[21] с. – ISBN 5-85270-160-2, 5-7711-0004-8.

20. Брусиловский, П. Л. Построение и использование моделей обучаемого в интеллектуальных обучающих системах / П. Л. Брусиловский // Известия Российской академии наук. Теория и системы управления. – 2012. – № 5. – С. 97–117. – ISSN 1029-3620.

21. Булгакова, М. В. Инструментальные системы для разработки обучающих программ / М. В. Булгакова, Е. Е. Якивчук // Компьютерные технологии в высшем образовании : сборник трудов / под редакцией А. Н. Тихонова [и др.]. – Москва : МГТУ, 2004. – С. 153–162.

22. Бурков, В. Н. Теория активных систем: состояние и перспективы / В. Н. Бурков, Д. А. Новиков. – Москва : СИНТЕГ, 1999. – 128 с. – ISBN 5-89638-022-4.

23. Бурков, В. Н. Введение в теорию управления организационными системами / В. Н. Бурков, Н. А. Коргин, Д. А. Новиков. – Москва : Либроком, 2017. – 264 с. – ISBN 978-5-397-06016-5.

24. Варченко, Е. И. Управление качеством образования в образовательном учреждении / Е. И. Варченко // Молодой ученый. – 2013. – № 3. – С. 471–474. – ISSN 2072-0297. – EDN RHJOZH.

25. Васильченко, В. А. Алгоритмизация процесса распознавания состояний физиологических объектов на основе специальных рентгеновских изображений / В. А. Васильченко, В. Л. Бурковский, А. Д. Данилов // Компьютерная оптика. – 2019. – Т. 43, № 2. – С. 296–303. – DOI 10.18287/2412-6179-2019-43-2-296-303.

26. Вачкова, С. Н. Использование цифровых образовательных ресурсов в образовательном пространстве вуза / С. Н. Вачкова // Вестник МГПУ. Серия: Педагогика и психология. – 2009. – № 4 (10). – С. 27–36. – ISSN 2076-9121. – EDN MIDDCB.

27. Вентцель, Е. С. Теория вероятностей и ее инженерные приложения / Е. С. Вентцель, Л. А. Овчаров. – Москва : Юстиция, 2018. – 491 с. – ISBN 978-5-43651-926-5.

28. Вентцель, Е. С. Исследование операций / Е. С. Вентцель. – Москва : Советское радио, 1972. – 552 с.

29. Винер, Н. Кибернетика и общество / Норберт Винер. – Москва : Издательство АСТ, 2019. – 288 с. – ISBN 978-5-17-113078-7.

30. Волкова, В. Н. Теория систем и системный анализ в управлении организациями / В. Н. Волкова, А. А. Емельянова [и др.] – Москва : Финансы и статистика, 2006. – 848 с. – ISBN 5-279-02933-5.

31. Воронин, А. А. Оптимальные иерархические структуры / А. А. Воронин, С. П. Мишин. – Москва : ИПУ РАН, 2003. – 214 с. – ISBN 5-85534-699-4 : 200.

32. Воронин А. А. Математические модели организаций / А. А. Воронин [и др.]. – Москва : URSS, 2008. – 360 с. – ISBN 978-5-9710-0178-2.

33. Гаврилова, Т. Б. Системная инженерия для менеджеров : текстовый электронный образовательный ресурс : материалы лекций / Т. Б. Гаврилова. – Екатеринбург, 2022. – 165 с. – Текст : электронный – URL: https://study.urfu.ru/Aid/Publication/14425/1/Системная%20инженерия%20для%20менеджеров_итог.pdf (дата обращения: 17.01.2026).

34. Гинис, Л. А. Развитие метамодели информационно-управляющих систем сложных объектов с учетом когнитивного подхода / Л. А. Гинис, О. В. Давыденко // Russian Economic Bulletin. – 2019. – Т. 2, № 6. – С. 166–171. – eISSN 2658-5286. – EDN IRPRJQ.

35. Гламаздин, Е. С. Механизмы управления корпоративными программами: информационные системы и математические модели : монография / Е. С. Гламаздин, Д. А. Новиков, А. В. Цветков. – Москва : Спутник+, 2001. – 159 с. – EDN PFGVHF.

36. Голубенко, Е. В. Использование информационных технологий в повышении привлекательности частного вуза / Е. В. Голубенко, Т. С. Александрова, Г. И. Акперов // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России : сборник научных трудов Международной научно-практической конференции. – Ростов-на-Дону, 2020. – С. 62–68. – ISBN 978-5-907295-21-6. – EDN DEPWFV.

37. Горбанева, О. И. Модели управления во властных иерархиях / О. И. Горбанева, Г. А. Угольницкий // Проблемы управления. – 2024. – № 1. – С. 43–56. – DOI 10.25728/ru.2024.1.5. – EDN YBQERA.

38. Горелик, А. Л. Методы распознавания / А. Л. Горелик, В. А. Скрипкин. – Москва : Высшая школа, 2004. – 341 с. – ISBN 5-06004-396-7.

39. Гореткина, Е. «АйТи-Университет» : системный подход к автоматизации вуза / Е. Гореткина // ИТ в образовании. – 2009. – Текст : электронный. – URL: <http://www.pcweek.ru/idea/article/detail.php?ID=118356> (дата обращения: 11.01.2026).

40. ГОСТ 26387-84. Система Человек-машина. Термины и определения (с изм. от 07.01.2006). – Текст : электронный // Библиотека нормативной документации. – URL : <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294828/4294828073.pdf> (дата обращения: 18.01.2026).

41. ГОСТ Р 59276-2020. Системы искусственного интеллекта. Способы обеспечения доверия. Общие положения. – Введен 01.03.2021. – Москва : Стандартиформ, 2021. – 12 с.

42. ГОСТ Р 59277–2020. Системы искусственного интеллекта. Классификация систем искусственного интеллекта. – Введен 01.03.2021. – Москва : Стандартинформ, 2021. – 12 с.

43. ГОСТ Р 71476–2024. Искусственный интеллект. Концепции и терминология искусственного интеллекта. – Введен 01.12.2024. – Текст : электронный // Библиотека нормативной документации. – URL : <https://files.stroyinf.ru/Index/83/83860.htm> (дата обращения: 18.01.2026).

44. ГОСТ Р 70945–2023. Технологии искусственного интеллекта в образовании. Функциональная подсистема организации и проведения научных мероприятий. Общие положения. – Введен 01.01.2024. – Москва : Российский институт стандартизации, 2023. – 12 с.

45. ГОСТ Р 70946–2023. Технологии искусственного интеллекта в образовании. Функциональная подсистема управления успеваемостью обучающихся по программам бакалавриата и специалитета. Общие положения и методика испытаний. – Введен 01.01.2024. – Москва : Российский институт стандартизации, 2023. – 12 с.

46. ГОСТ Р 70948–2023. Технологии искусственного интеллекта в образовании. Функциональная подсистема формирования контингента абитуриентов по программам бакалавриата и специалитета. Общие положения и методика испытаний. – Введен 01.01.2024. – Москва : Российский институт стандартизации, 2023. – 11 с.

47. ГОСТ Р 70949–2023. Технологии искусственного интеллекта в образовании. Применение искусственного интеллекта в научно-исследовательской деятельности. Варианты использования. – Введен 01.01.2024. – Москва : Российский институт стандартизации, 2023. – 12 с.

48. ГОСТ Р 70950–2023. Технологии искусственного интеллекта в образовании. Функциональная подсистема управления успеваемостью обучающихся по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре. Общие положения и методика испытаний. – Введен 01.01.2024. – Москва : Российский институт стандартизации, 2023. – 11 с.

49. ГОСТ Р 70951–2023. Технологии искусственного интеллекта в образовании. Функциональная подсистема управления успеваемостью обучающихся по программам дополнительного профессионального образования. Общие положения и методика испытаний. – Введен 01.01.2024. – Москва : Российский институт стандартизации, 2023. – 11 с.

50. ГОСТ Р ИСО 14738-2007. Безопасность машин. Антропометрические требования при проектировании рабочих мест машин. – Введен 01.06.2008. – Москва : Стандартиформ, 2008. – 24 с.

51. Государственная программа Российской Федерации Развитие образования на 2018–2025 гг. – Текст : электронный // Министерство просвещения российской Федерации. Банк документов [сайт]. – URL: <https://docs.edu.gov.ru/document/a928e13b4d292f8f71513a2c02086a3/download/1337> (дата обращения: 21.02.2026).

52. Гусев К.Ю. Нейросетевое моделирование динамики нелинейных систем / Б. В. Мистюков, В. Л. Бурковский // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2012. – Т. 3, № 12-1. – С. 51–56. ISSN 1729-6501

53. Данченко, Д. П. Агрегирование нескольких источников нечеткой информации в эргатической системе / Д. П. Данченко, В. В. Храмов, А. Н. Царьков // Проблемы обеспечения эффективности и устойчивости функционирования сложных технических систем : сборник трудов XXII межведомственной научно-технической конференции, Серпухов, 01–30 июня 2003 года. Ч. 4. – Серпухов : Серпуховской военной институт ракетных войск, 2003. – С. 441–443. – EDN YVFOYI.

54. Дорофеюк, Ю. А. Методы интеллектуального анализа данных при исследовании сложных систем управления / Ю. А. Дорофеюк [и др.] // Труды Института системного анализа Российской академии наук. – 2016. – Т. 66, № 4. – С. 36–46. – ISSN 2079-0279. – EDN XSCWYF.

55. Ефремова, Н. Ф. Логистические процессы в образовании. Теория и практика в управлении качеством обучения / Н. Ф. Ефремова. – Москва : Национальное образование, 2014. – 128 с. – ISBN 978-5-44540-297-8.

56. Задэ, Л. А. Понятие лингвистической переменной и её применение к принятию приближенных решений / Л. А. Задэ. – Москва : Мир, 1976. – 165 с.

57. Захарова, И. Г. Информационные технологии в управлении образовательными учреждениями / И. Г. Захарова. – Москва : Академия, 2012. – 192 с. – ISBN 978-5-7695-6894-7.

58. Иванченко, Д. А. Оптимизация построения информационной системы управления вузом: концептуальные подходы / Д. А. Иванченко // Университетское управление: практика и анализ. – 2011. – № 2. – С. 40–48. – ISSN 1999-6640.

59. Иванченко, О. В. Исследование применимости интеллектуальных нейронных сетей в бизнес-процессах вуза / О. В. Иванченко, Ю. В. Филатова, В. В. Храмов // Ученые записки Института управления, бизнеса и права. Серия: Информационные технологии и управление. – 2012. – № 1. – С. 97–105. – EDN ХОКІАХ.

60. Картвелишвили, В. М. Метод анализа иерархий: критерии и практика / В. М. Картвелишвили, Э. А. Лебедюк // Вестник Российского экономического университета имени Г. В. Плеханова. – 2013. – № 6 (60). – С. 97–111. – ISSN 2413-2829. – EDN QCRDPL.

61. Кольцов, А. С. Автоматизированные системы управления учебным процессом / А. С. Кольцов, Е. Д. Федорков. – Воронеж : ГОУ ВПО ВГТУ, 2007. – 179 с.

62. Линденбаум, Т. М. Введение в информационную экологию: технологические предпосылки / Т. М. Линденбаум, О. Р. Попов, В. В. Храмов // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России : сборник научных трудов Международной научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 09–11 ноября 2020 года. – Ростов-на-Дону : Ростовский государственный университет путей сообщения, 2020. – С. 136–139. – ISBN 978-5-907295-21-6. – EDN JXWDLJ.

63. Линденбаум, Т. М. Индикаторы информационной безопасности бизнеса на базе мягких моделей / Т. М. Линденбаум, Г. И. Акперов, А. А. Горбачева // Транспорт: наука, образование, производство : сборник научных трудов

Международной научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 20–22 апреля 2020 года. Т. 1. – Ростов-на-Дону : Ростовский государственный университет путей сообщения, 2020. – С. 83–87. – ISBN 978-5-907295-12-4. – EDN RFDDSZ.

64. Лудцев, К. Б. Разработка информационной системы для проектирования индивидуальных образовательных траекторий / К. Б. Лудцев, Н. И. Лыгина // Современная техника и технологии. – 2016. – № 5. – С. 22–29. – eISSN 2225-644X. – EDN WCEBPP.

65. Магеррамов, И. М. Задачи классификации управления организацией / И. М. Магеррамов, Г. И. Акперов [и др.] // Современные информационные технологии и ИТ-образование. – 2021. – Т. 17, № 1. – С. 135–144. – DOI 10.25559/SITITO.17.202101.135-144.

66. Майер, М. Принципы построения систем-систем. – Текст : электронный / М. Майер // Материалы 6-го ежегодного международного симпозиума INCOSE. Бостон, Массачусетс, 7–11 июля 1996 г. – Бостон, Массачусетс : INCOSE, 1996. – С. 567–574. – URL: <http://www.infoed.com/Open/PAPERS/systems.htm> (дата обращения: 02.02.2026).

67. Мартынов, В. В. Организация подготовки и информационная поддержка реализации динамических образовательных программ, учитывающих требования работодателя / В. В. Мартынов, Е. И. Филосова, О. В. Ширяев // Управление экономикой: методы, модели, технологии : XIV Международная научная конференция : сборник научных трудов. Т. 2. – Уфа : УГАТУ, 2014. – С. 110–114. ISBN 978-5-4221-0632-5. – EDN REWNHK.

68. Матушанский, Г. У. Проектирование моделей подготовки и профессиональной деятельности преподавателей высшей школы. – Текст : электронный / Г. У. Матушанский, А. Г. Фролов // Образовательные технологии и общество. – 2000. – № 3 (4). – eISSN 1436-4522. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/proektirovanie-modeley-podgotovki-i-professionalnoy-deyatelnosti-prepodavateley-vysshey-shkoly?ysclid=mnbmqic0eb118108521> (дата обращения: 15.01.2026).

69. Мелик-Гейкезян, И. В. Информационные процессы и реальность / И. В. Мелик-Гейкезян. – Москва : Наука, 1998. – 192 с.

70. Мелихов, А. Н. Ситуационные советующие системы с нечеткой логикой / А. Н. Мелихов, Л. С. Берштейн, С. Я. Коровин. – Москва : Наука, 1990. – 272 с. – ISBN 5-02-014144-5.

71. Нариньяни, А.С. Неопределенность в системах представления и обработки знаний / А. С. Нариньяни // Известия Академии наук СССР. Техническая кибернетика. – 1986. – № 5. – С. 3–29.

72. Нижегородов, К. С. Модель интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений в сфере интернет-маркетинга / К.С. Нижегородов [и др.] // Вестник Воронежского института ФСИИ России. – 2024. – № 1. – С. 53–60. – ISSN 2223-3873. – EDN PYLAPP.

73. Нинидзе, Д. Л. Управление внедрением инноваций при различных информационных регламентах / Д. Л. Нинидзе, Г. А. Угольницкий, А. Б. Усов // Управление большими системами : сборник трудов. – 2023. – № 105. – С. 85–109. – DOI 10.25728/ubs.2023.105.5. – EDN EBAOGA.

74. Ничкало, Н. Современное образование как открытая система / Н. Ничкало, Г. Филонов, О. Суходольская-Кулешова. – Москва : Юркомпани, 2012. – 576 с.

75. Новиков, Д. А. Курс теории активных систем / Д. А. Новиков, С.Н. Петраков. – Москва : СИНТЕГ, 1999. – 108 с.

76. Новиков, Д. А. Сетевые структуры и организационные системы / Д. А. Новиков. – Москва : ИПУ РАН, 2003. – 102 с.

77. Новиков, Д. А. Теория управления образовательными системами / Д. А. Новиков. – Москва : Народное образование, 2009. – 452 с. – ISBN 978-5-87953-260-9.

78. Новиков, Д. А. Теория управления организационными системами / Д. А. Новиков. – 4-е изд., испр. и доп. – Москва : LENAND, 2021. – 500 с. – ISBN 978-5-9710-9459-3

79. Нуждин, В. Н. Система управления качеством процессов в высшем учебном заведении (проблемы проектирования и эксплуатации) / В. Н. Нуждин // Управление качеством. Электронный журнал для местной промышленности. – 2003. – № 1. – eISSN 1991-6388.

80. Панасюк, В. П. Информационно-методическое обеспечение управления качеством образования на муниципальном уровне / В. П. Панасюк. – Санкт-Петербург : Астерион, 2007. – 118 с. – ISBN 978-5-94856-284-1.

81. Полонский, В. М. Словарь понятий и терминов по законодательству Российской Федерации об образовании / В. М. Полонский. – Санкт-Петербург : Питер, 2010. – 80 с.

82. Попов, О. Р. Выделение и анализ векторов самоорганизации интеллектуальных систем / О. Р. Попов, Г. И. Акперов // Интеллектуальные ресурсы – региональному развитию. – 2020. – № 2. – С. 48–54. – EDN RDXOMB.

83. Попова, Ю. Б. Интеллектуальная составляющая автоматизированной системы обучения CATS / Ю. Б. Попова // Образовательные технологии и общество. – 2019. – Т. 22, № 4. – С. 24–37. – eISSN 1436-4522. – EDN CMBNJI.

84. Рудакова, Л. В. Информационная система управления качеством образования в вузе. – Текст : электронный / Л. В. Рудакова, Н. В. Маркелова, В. Д. Соловьева // Современные наукоемкие технологии. – 2018. – № 6. – С. 221–226. – URL: <https://top-technologies.ru/ru/article/view?id=37061> (дата обращения: 21.01.2026).

85. Саати, Т. Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Л. Саати. – Москва : Радио и связь, 1989. – 316 с.

86. Сахарова, Л. В. Нечетко-множественная методика комплексной оценки состояния социально-экономических систем региона / Л. В. Сахарова, Г. И. Акперов // Интеллектуальные ресурсы – региональному развитию. – 2020. – № 2. – С. 137–143. – EDN UPXGPO.

87. Сердюченко, П. Я. Принципы нечеткого агрегирования в управлении сложными системами / П. Я. Сердюченко, В. В. Храмов // Проблемы обеспечения эффективности и устойчивости функционирования сложных технических систем :

сборник трудов XIX межведомственной научно-технической конференции, Серпухов, 13–16 июня 2000 года. Т. 2. – Серпухов : Серпуховской военный институт ракетных войск, 2000. – С. 288–291. – EDN YTCCKPC.

88. Советов, Б. Я. Моделирование систем / Б. Я. Советов, С. А. Яковлев. – 7-е изд. – Москва : Издательство Юрайт, 2026. – 343 с. – ISBN 978-5-534-20145-1.

89. Татарченкова, С. Проблемы качества образования и их решения в образовательном учреждении / С. Татарченкова. – Москва : КАРО, 2013. – 120 с.

90. Угольницкий, Г. А. Дискретные модели организационного управления / Г. А. Угольницкий ; Министерство науки и высшего образования российской федерации, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону ; Таганрог : Южный федеральный университет, 2023. – 130 с. – ISBN 978-5-9275-4360-1. – EDN MVBHMY.

91. Угольницкий, Г. А. Прикладные задачи управления социально-экономическим развитием региона / Г. А. Угольницкий, Д. П. Олишевский, К. Г. Ермолаева // Управление большими системами : сборник научных трудов XIX Всероссийской школы-конференции молодых ученых, Воронеж, 05–08 сентября 2023 года. – Воронеж : Воронежский государственный технический университет, 2023. – С. 261–267. – ISBN 978-5-7731-1139-9. – EDN NWJJUX.

92. Угольницкий, Г. А. Методология и прикладные задачи управления устойчивым развитием активных систем / Г. А. Угольницкий // Проблемы управления. – 2019. – № 2. – С. 19–29. – DOI 10.25728/ru.2019.2.3.

93. Угольницкий, Г. А. Моделирование взаимодействия вуза и его индустриального партнера / Г. А. Угольницкий, А. Н. Газанчян, В. Ю. Калачев // Инженерный вестник Дона. – 2022. – № 6 (90). – С. 68–76. – ISSN 2073-8633.

94. Управление качеством образования / под редакцией М. М. Поташника. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – Москва : Педагогическое общество России, 2010. – 448 с. – ISBN 5-93134-335-0 (В пер.).

95. Федеральные государственные образовательные стандарты высшего образования [сайт]. – URL: <http://fgosvo.ru> (дата обращения: 20.01.2026).

96. Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» от 29 декабря 2012 года № 273-ФЗ (в ред. от 08.03.2026 № 45-ФЗ). – Текст : электронный // Контур. Норматив. Справочно-правовая система. – URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=504994> (дата обращения: 29.01.2026).

97. Федеральный закон «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» от 27 июля 2006 г. № 149-ФЗ (ред. от 29.12.2025). – Текст : электронный // Контур. Норматив. Справочно-правовая система. – URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=504575> (дата обращения: 26.01.2026).

98. Федоров В. А. Педагогические технологии управления качеством профессионального образования / В. А. Федоров, Е. Д. Колегова. – Москва : Академия, 2009. – 208 с.

99. Философский энциклопедический словарь / Л. Ф. Ильичев, П. Н., Федосеев, С. М. Ковалёв, В. Г. Панов – Москва : Советская Энциклопедия, 1983. – 840 с.

100. Храмов, В. В. Задачи принятия решений при исследовании многокритериальных объектов в нечеткой информационной среде / В. В. Храмов // Проблемы обеспечения эффективности и устойчивости функционирования сложных технических систем : материалы XXI Межведомственной научно-технической конференции, Серпухов, 01–30 июня 2002 года. – Серпухов : Серпуховской военный институт ракетных войск, 2002. – С. 120–124. – EDN WDGSIIP.

101. Храмов, В. В. Информатизация высшего образования в свете концепции информационной культуры / В. В. Храмов // Интеграция отраслевой и вузовской науки: проблемы современного машиностроения : материалы Международной научно-технической конференции, Ростов-на-Дону, 29–31 мая 2001 года. – Ростов-на-Дону : РГАСМ, 2001. – С. 365–367. – ISBN 5-89071-069-9. – EDN XNDMIX.

102. Храмов, В. В. Информационное обеспечение смыслообразующих технологий в вузе / В. В. Храмов // Информатизация образования – 2010 :

материалы Международной научно-методической конференции, Кострома, 14–17 июня 2010 года. – Кострома : Костромской государственной университет им. Н. А. Некрасова, 2010. – С. 323–327. – ISBN 978-5-7591-1128-3. – EDN VKQLZB.

103. Храмов, В. В. Концепция единого информационного пространства региона: образовательный аспект / В. В. Храмов // Интеллектуальные ресурсы – региональному развитию. – 2021. – № 1. – С. 60–64. – EDN SNVYGK.

104. Храмов, В. В. Концепция обеспечения эффективности организационно-технических систем на основе бионико-интеллектуального подхода / В. В. Храмов // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2001. – № 2. – С. 138–141. – ISSN 0201-727X. – EDN JWIPAF.

105. Храмов, В. В. Методика семантического анализа программного средства / В. В. Храмов, Г. И. Акперов, И. М. Магеррамов // Информационная безопасность: вчера, сегодня, завтра : сборник статей по материалам III Международной научно-практической конференции, Москва, 23 апреля 2020 года / редактор В. В. Арутюнов. – Москва : РГГУ, 2020. – С. 52–58. – ISBN 978-5-7281-2875-5. – EDN UKMMBE.

106. Храмов, В. В. Методы и модели исследования пространства знаний на базе когнитивной компьютерной графики / В. В. Храмов // Транспорт-2012 : труды всероссийской научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 23–25 апреля 2012 года. В 3 ч. Ч. 1. – Ростов-на-Дону : РГУПС, 2012. – С. 64–66. – EDN WEDZKP.

107. Храмов, В. В. Модель адаптации автоматизированной системы обучения к решаемым задачам / В. В. Храмов, Д. С. Гвоздев // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2010. – № 4. – С. 242–248. – ISSN 1818-5509. – EDN YTLQPX.

108. Храмов, В. В. Оценка качества подготовки специалистов в условиях современного образовательного процесса / В. В. Храмов, Г.И. Акперов // Интеллектуальные ресурсы – региональному развитию. – 2014. – № 1. – С. 125–130. – EDN VRABMX.

109. Шабунова, А. А. Образование: региональные проблемы качества управления / А. А. Шабунова, М. А. Головчин, Г. В. Леонидова. – Вологда : ИСЭРТ РАН, 2012. – 200 с.

110. Akperov, G. I. A fuzzy semantic data triangulation Method used in the formation of economic clusters in southern russia / G. I. Akperov, V. V. Khramov // *Advances in Intelligent Systems and Computing (AISC)*. – 2020. – Vol. 1095. – P. 340–344. – DOI 10.1007/978-3-030-35249-3_43.

111. Akperov, G. I. Formation of a soft model of regional attractiveness of the university / G. I. Akperov [et al.] // *E3S Web of Conferences : Rostov-on-Don, August 19–30, 2020*. – Rostov-on-Don, 2020. – Vol. 8. – Article no. 18027. – DOI 10.1051/e3sconf/202021018027.

112. Akperov, G. I. Identification of Extended Objects of Geoinformation Space by Semantic Triangulation / G. I. Akperov, V. V. Khramov // *14th International Conference on Theory and Application of Fuzzy Systems and Soft Computing (ICAIFS-2020)*, Budva, Montenegro, 27–28, 2020. – Budva, Montenegro : Springer International Publishing, 2021. – P. 787–793.

113. Akperov, G. I. Methodological Foundations of Fuzzy-Multiple Assessment of the State of Economic Systems Based on Aggregation of Indicators / G. I. Akperov, L. V. Sakharova // *14th International Conference on Theory and Application of Fuzzy Systems and Soft Computing (ICAIFS-2020)*, Budva, Montenegro, August 27–28, 2020. – Budva, Montenegro: Springer International Publishing, 2021. – P. 548–554.

114. Akperov, G. I. Using soft computing methods for the functional benchmarking of an intelligent workplace in an educational establishment / G. I. Akperov, V. V. Khramov, A. A. Gorbacheva // *Advances in Intelligent Systems and Computing (AISC)*. – 2020. – Vol. 1095. – P. 54–60. – DOI 10.1007/978-3-030-35249-3_6.

115. Akperov, G. I. Using soft computing methods for the functional benchmarking of an intelligent workplace in an educational establishment / G. I. Akperov, V. V. Khramov, A. A. Gorbacheva // *Advances in Intelligent Systems and Computing (AISC)*. – 2020. – Vol. 1095 – P. 54–60. – DOI 10.1007/978-3-030-35249-3_6.

116. Akperov, G.I. Fuzzy-multiple Assessment of University Attraction Based on Applicant's Preferences / G. I. Akperov [et al.] // E3S Web of Conferences. VIII International Scientific and Practical Conference Innovative technologies in science and education (ITSE 2020). – 2020. – Article no. 18027.

117. Akperov, G. I. Method of Fuzzy Parametric Selection for Making a Reasonable Decision by an Intelligent Training Module / G. I. Akperov [et al.] // E3S Web of Conferences. VIII International Scientific and Practical Conference Innovative

118. Akperov, G. I. Method of Student Individuality Identification for Adapting and Intelligent Training Module Based on Soft Models / G. I. Akperov [et al.] // Networked Control Systems for Connected and Automated Vehicles : conference proceedings. – Switzerland, 2023. – Vol. 510-2. – P. 1881–1888. – DOI 10.1007/978-3-031-11051-1_

119. Arapova, E. A. Fuzzy-logic analysis of the level of comfort and environmental well-being of the urban environment on the example of large cities of Rostov region / E. A. Arapova [et al.] // Advances in Intelligent Systems and Computing. – 2019. – Vol. 896. – P. 643–650. – DOI 10.1007/978-3-030-04164-9_84.

120. Cognitive modeling of university management support as a human-machine system / G. I. O. Akperov, S. G. Grigoriev, A. Işıklar [et al.] // Informatics and Education. – 2024. – Vol. 39, No. 1. – P. 65–73. – DOI 10.32517/0234-0453-2024-39-1-65-73. – EDN SOQNJY.

121. Fuzzy cognitive models for socio-economic systems as applied to a management model for integrated development of rural areas / S. V. Podgorskaya, A. G. Podvesovskii, R. A. Isaev, N. I. Antonova // Business Informatics. – 2019. – Vol. 13, No. 3. – P. 7–19. – DOI 10.17323/1998-0663.2019.3.7.19. – EDN VTUMYX.

122. Sakharova, L. V. Optimization of agricultural land use on the basis of Mathematical Methods of financial analysis and the theory of fuzzy sets / L. V. Sakharova, M. B. Stryukov, G. I. Akperov // Advances in Intelligent Systems and Computing. – 2019. – Vol. 896. – P. 790–798. – DOI 10.1007/978-3-030-04164-9_104.

123. Soft Models of Management in terms of digital transformation : a monograph / I. G. Akperov, G. I. Akperov, T. V. Alekseichik [et al.]. – Rostov-on-Don, PEI HE SU (IUBIP), 2019. – 256 p. – ISBN 978-5-6043368-9-2. – EDN CBZCMT.

ПРИЛОЖЕНИЕ А. Акты о внедрении



Акт

О внедрении результатов диссертационной работы Гурру Имран-оглы Акперова «Интеллектуализация процессов принятия решений в организационных системах со слабоструктурированными информационными связями на основе аппарата мягких моделей», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.4. «Управление в организационных системах (технические науки)»

Комиссия в составе: председатель – профессор кафедры «Информатика» д.т.н., профессор Шевчук Петр Сергеевич, доцент кафедры «Информатика» к.т.н., доцент Линденбаум Татьяна Михайловна, доцент кафедры «Информатика» к.т.н., доцент Панасов Виктор Леонидович подтверждает, что результаты диссертационной работы Гурру Имран-оглы Акперова, связанные проектированием архитектуры программно-технических средств интеллектуальных управляющих модулей в учебном процессе использованы при выполнении научно-исследовательских работ, проводимых на кафедре и при разработке Учебно-методического комплекса в дисциплинах магистратуры по направлению подготовки 09.04.03 Прикладная информатика (Профиль подготовки Управление информационными технологиями в организации)

Председатель комиссии
профессор кафедры
«Информатика»
д.т.н., профессор

П.С. Шевчук

Доцент кафедры
«Информатика»
к.т.н., доцент

Т.М. Линденбаум

Доцент кафедры
«Информатика»
к.т.н., доцент

В.Л. Панасов

Утверждаю
 Проректор по учебной и научной работе
 ЧОУ ВО ЮУ (ИУБИН)
 к.ю.н., доцент
 «19» февраля 2026 г.



Н.А.Вартамян

АКТ

о внедрении результатов диссертационной работы Гурру Имран-оглы Акперова «Интеллектуализация процессов принятия решений в организационных системах со слабоструктурированными информационными связями на основе аппарата мягких моделей», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.4. «Управление в организационных системах (технические науки)»

Комиссия в составе председателя – заведующего кафедрой «Информационные технологии и прикладная математика» (ИТиПМ) к.ф.н. доцента Мартынова Бориса Викторовича, доцента кафедры ИТиПМ к.т.н., доцента Сафоновой Светланы Александровны, доцента кафедры Управление организационными системами к.э.н., доцента Кабаненко Михаила Николаевича подтверждает, что результаты диссертационной работы Акперова Гурру Имран-оглы, связанные с проектированием архитектуры программно-технических средств интеллектуальных управляющих модулей в учебном процессе, использованы при разработке Учебно-методического комплекса в дисциплинах магистратуры по направлению подготовки 09.04.03 Прикладная информатика (направленность (профиль) «Руководитель проектов в области информационных технологий и искусственного интеллекта»))

Председатель комиссии
 Заведующий кафедрой ИТиПМ
 к.ф.н., доцент



Б.В. Мартынов

Доцент кафедры ИТиПМ
 к.т.н., доцент



С.А. Сафонова

Доцент кафедры Управление организационными системами
 к.э.н., доцент



М.Н. Кабаненко

ПРИЛОЖЕНИЕ Б.
Свидетельства о Государственной регистрации программ для ЭВМ

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО
о государственной регистрации программы для ЭВМ
№ 2021615488

«Система нечеткого бенчмаркинга (СНБ)»

Правообладатель: **Частное образовательное учреждение высшего образования «ЮЖНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (ИУБиП)» (RU)**

Авторы: **Акперов Имран Гурру оглы (RU), Магеррамов Имран Муса оглы (RU), Храмов Владимир Викторович (RU), Акперов Гурру Имран-оглы (RU)**

Заявка № **2020665934**
Дата поступления **04 декабря 2020 г.**
Дата государственной регистрации
в Реестре программ для ЭВМ **08 апреля 2021 г.**



Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности


Г.П. Ивлиев

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2022614626

«Система для поддержки принятия маркетинговых
решений на основе нечеткого бенчмаркинга»

Правообладатель: *Частное образовательное учреждение высшего
образования «ЮЖНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (ИУБиП)» (RU)*

Авторы: *Акперов Имран Гурру оглы (RU), Магеррамов Имран
Муса оглы (RU), Храмов Владимир Викторович (RU), Акперов
Гурру Имран-оглы (RU), Александрова Татьяна Сергеевна
(RU), Акперова Анастасия Александровна (RU)*

Заявка № 2022613543

Дата поступления 11 марта 2022 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ 23 марта 2022 г.



Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Ю.С. Зубов

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2023610049

Способ выделения значимых концептов для оценки
интернет-ресурсов организации

Правообладатель: *Частное образовательное учреждение
высшего образования «ЮЖНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ИУБиП)» (RU)*

Авторы: *Магеррамов Имран Муса оглы (RU), Акперов Имран
Гурру оглы (RU), Храмов Владимир Викторович (RU),
Акперов Гурру Имран оглы (RU), Александрова Татьяна
Сергеевна (RU)*



Заявка № 2022683540

Дата поступления 02 декабря 2022 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ 09 января 2023 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

документ подписан электронной подписью
Сертификат 68b9007793 4c1910094e0bd2414505c7
Владелец **Зубов Юрий Сергеевич**
Действителен с 26.03.2022 по 26.03.2023

Ю.С. Зубов

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2023665463

Программа для комплексной оценки информационных мер системы

Правообладатель: *Частное образовательное учреждение высшего образования «ЮЖНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (ИУБиП)» (RU)*

Авторы: *Акперов Гурру Имран-оглы (RU), Акперов Теймур Имран оглы (RU), Александрова Татьяна Сергеевна (RU), Храмов Владимир Викторович (RU)*

Заявка № 2023663897

Дата поступления 04 июля 2023 г.

Дата государственной регистрации
в Реестре программ для ЭВМ 17 июля 2023 г.

*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 425060016-330-5364baf56183b73b4aa7
Владелец: *Зубов Юрий Сергеевич*
Действителен с 03.07.2023 по 02.08.2024

Ю.С. Зубов

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2023680084

**Программа для интеллектуальной поддержки
планирования технического обслуживания и ремонта
объектов железнодорожной инфраструктуры**

Правообладатель: **Частное образовательное учреждение
высшего образования «ЮЖНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ИУБиП)» (RU)**

Авторы: **Акперов Имран Гурру оглы (RU), Храмов Владимир
Викторович (RU), Акперов Гурру Имран-оглы (RU)**

Заявка № 2023668722

Дата поступления 11 сентября 2023 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ 26 сентября 2023 г.



*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

документ подписан электронной подписью
Сертификат 429e6a26c2453164b9f6683b73b4aa7
Владимир Зубов Юрий Сергеевич
Действителен с 2012.08.25 по 02.08.2024

Ю.С. Зубов

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2023681343

**Способ и система для анализа структурированности
данных на базе меры Кульбака**

Правообладатель: **Частное образовательное учреждение
высшего образования «ЮЖНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ИУБиП)» (RU)**

Авторы: **Акперов Имран Гурру оглы (RU), Храмов Владимир
Викторович (RU), Акперов Гурру Имран-оглы (RU),
Магеррамов Имран Муса оглы (RU), Максименко Алина
Андреевна (RU)**

Заявка № 2023680431

Дата поступления **06 октября 2023 г.**

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ **12 октября 2023 г.**

*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат 429b6a0fe3853164ba96f83b73b4aa7
Владелец **Зубов Юрий Сергеевич**
Действителен с 10.05.2023 по 02.08.2024

Ю.С. Зубов

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2025668587

Способ и система оценки уровня цифровизации
личности

Правообладатель: **Частное образовательное учреждение высшего образования «ЮЖНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (ИУБиП)» (RU)**

Авторы: **Акперов Имран Гурру оглы (RU), Довгопольный Владислав Владимирович (RU), Мартынов Борис Викторович (RU), Шавликов Максим Алексеевич (RU), Храмов Владимир Викторович (RU), Акперов Гурру Имран-оглы (RU)**



Заявка № 2025667177

Дата поступления 07 июля 2025 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ 17 июля 2025 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат 0692e761a6300b754f2401670bccc2026
Владелец: **Зубов Юрий Сергеевич**
Действителен с 10.07.2024 по 03.10.2025

Ю.С. Зубов