

На правах рукописи

БОРЗЫХ Никита Юрьевич

**МОДЕЛЬ И АЛГОРИТМ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ
ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ
ПРОЕКТНОГО ТИПА**

2.3.4. Управление в организационных системах

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва – 2025

Работа выполнена на кафедре практической и прикладной информатики федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский технологический университет – МИРЭА»

Научный руководитель: **СМОЛЕНЦЕВА Татьяна Евгеньевна,**
доктор технических наук, доцент

Официальные оппоненты: **ПРЕОБРАЖЕНСКИЙ Андрей Петрович,**
доктор технических наук, профессор,
АНОО ВО «Воронежский институт высоких технологий», научный клуб, руководитель

ЛУПАНОВА Александра Валерьевна,
кандидат технических наук,
ФГБОУ ВО «Уральский институт ГПС МЧС России», учебно-методический отдел,
заместитель начальника отдела

Ведущая организация: Федеральное государственное казенное образовательное учреждение высшего образования «Академия управления Министерства внутренних дел Российской Федерации»

Защита состоится «__» _____ 202__ г. в ____ часов на заседании совета по защите докторских и кандидатских диссертаций 04.2.003.02 на базе ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России» (196105, Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149) и на сайте <http://dsovet.igps.ru>.

Автореферат разослан «__» _____ 2025 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета 04.2.003.02
кандидат технических наук, доцент

А.В. Матвеев

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Процесс принятия решений представляет собой фундаментальный аспект различных научных дисциплин, включая экономику, психологию, исследование операций и прикладную математику. Значимость данного процесса особенно возрастает в контексте разработки и имплементации комплексных проектов и систем, где решения, принимаемые на каждом этапе, оказывают непосредственное влияние на результативность и эффективность конечного продукта.

Современные организации сталкиваются с растущими объемами данных и сложностью бизнес-процессов. Это требует автоматизации и интеграции различных систем. Несмотря на технологический прогресс, проблемы в области принятия решений остаются актуальными. По данным Project Management Institute, 11.4% инвестиций в проекты нерационально расходуются из-за неэффективного управления и принятия решений, что для крупных проектных организаций может приводить к существенным финансовым издержкам.

Важность эффективного управления проектами и принятия решений подтверждается статистикой. Отчет PMI демонстрирует, что организации с высоким уровнем развития практик проектного управления завершают 77% проектов в срок, по сравнению с 56% у организаций с низким уровнем развития практик проектного управления, и выполняют 67% проектов в рамках бюджета против 46% у организаций с недостаточно оптимизированными методологиями управления. Исследование показывает, что оптимизация механизмов принятия решений и управления проектами может значительно повысить эффективность реализации проектов.

Однако достижение такой эффективности требует учета специфики различных типов организаций, так как каждый из них имеет свои особенности в процессе принятия решений. Различные типы организаций имеют свои приоритеты:

ИТ-компании: технические аспекты, производительность, масштабируемость, безопасность;

исследовательские организации: инновации, научная новизна, коммерциализация;

компании-заказчики: соответствие бизнес-требованиям, ROI, интеграция;

проектные организации: баланс между техническими, бизнес-целями, сроками, бюджетом и качеством;

смешанные организации: гибкое комбинирование подходов.

Проектные организации сталкиваются с наиболее многогранным процессом принятия решений, требующим учета множества факторов.

Особую актуальность проблема оптимизации выбора стратегии проектирования имеет для проектных организаций, разрабатывающих программно-аппаратные комплексы для МЧС России, где ошибки в выборе стратегии проектирования могут привести к критическим последствиям при ликвидации чрезвычайных ситуаций. К таким системам относятся: автоматизированные системы оперативного управления; системы мониторинга и прогнозирования ЧС; комплексы поддержки принятия решений для аварийно-спасательных формирований; интегрированные системы безопасности объектов.

В этих системах критически важны повышенная надежность, строгое соответствие нормативным требованиям и эффективное использование ресурсов.

В диссертационном исследовании особое внимание уделяется проектно-ориентированным организациям, что обусловлено их регулярным вовлечением в

процессы решения комплексных задач выбора, требующих принятия стратегически значимых решений. Эффективность функционирования проектных организаций находится в прямой зависимости от их способности эффективно управлять множеством разнородных критериев и согласовывать интересы различных заинтересованных сторон.

Система поддержки принятия решений (СППР) автоматизирует процесс выбора оптимальных решений. Она учитывает множество критериев и предпочтений лиц, принимающих решения (ЛПР). При выборе из множества альтернатив применяются различные методы. Каждый метод имеет свои преимущества и области применения.

Несмотря на широкое применение, существующие методы и алгоритмы многокритериальной оптимизации зачастую демонстрируют ограниченную эффективность при обработке значительного количества критериев (более 15-20) и в условиях неопределенности данных, особенно в динамичной среде проектных организаций. Данные ограничения приводят к снижению качества принимаемых решений, повышению ресурсозатратности и временных издержек на анализ альтернатив, а также к потенциальным ошибкам в селекции стратегий проектирования.

В связи с этим актуальной задачей является разработка новых алгоритмов поддержки принятия решений с динамическим управлением входным набором критериев в проектных организациях, которые обеспечат минимизацию затрат ресурсов, сокращение времени и максимизацию качества при разработке и внедрении сложных проектов и систем.

Актуальность темы исследования обусловлена необходимостью повышения качества и эффективности принятия решений в условиях наличия множества альтернативных стратегий при разработке проектов в организационных системах проектного типа, что в свою очередь способствует успешной реализации проектов и достижению стратегических целей организации.

Степень разработанности темы. Исследованием методов и алгоритмов поддержки принятия решений по многокритериальному выбору занимались В.В. Подиновский, Д.А. Новиков, А.А. Лобанов, Д.С. Набатова и другие. Их работы внесли значительный вклад в развитие теории, но не предлагают комплексного подхода к управлению входным набором критериев в контексте проектных организаций.

Следует отметить, что большинство исследователей подчеркивают важность ответственности ЛПР за принятые решения и центральную роль ЛПР при вынесении коллективных решений. А.В. Калач исследовал применение изменений в ИТ-структуру организаций. Работы авторов показывают, что выбор стратегии проектирования должен учитывать влияние на всю ИТ-инфраструктуру и бизнес-процессы, что актуально для многокритериального анализа в проектных организациях.

Ю.В. Бугаев предложил методы многокритериального анализа для выбора оптимальных стратегий из большого числа альтернатив, учитывающие мнения различных экспертов. Подход исследователей, основанный на принципе максимального правдоподобия, применим к задачам проектных организаций с множеством критериев и альтернатив.

Вклад в развитие методов анализа и оптимизации организационных и информационных систем внес М.В. Буйневич. В его работах предложены подходы к моделированию структур организационных систем на основе сетевых моделей, методы интеграции гетерогенных данных в распределенных системах, а также

методология оптимизации взаимодействия пользователей с информационными системами.

Исследования выполнялись в рамках Национальной стратегии развития искусственного интеллекта на период до 2030 года (утверждена Указом Президента РФ от 10 октября 2019 г. № 490 "О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации"), в части реализации основной задачи по стимулированию внедрения технологий искусственного интеллекта, включающих интеллектуальную поддержку принятия решений, в отраслях экономики и социальной сферы.

Целью исследования – повышение эффективности и качества принятия управленческих решений в организационных системах проектного типа на основе разработки алгоритмических и научно-методических средств интеллектуальной поддержки.

Объектом исследования – механизм принятия решений в организационных системах проектного типа.

Предметом исследования – средства интеллектуальной поддержки.

Задачи исследования:

1) Выполнить анализ возможностей существующих методов и алгоритмов интеллектуальной поддержки принятия решений в организационных системах проектного типа, выявить их ограничения и определить направления совершенствования.

2) Создать комплексный алгоритм интеллектуальной поддержки принятия решений с динамическим управлением входным набором критериев в организационных системах проектного типа, адаптивно учитывающий изменяющиеся условия проектной среды и предпочтения заинтересованных сторон.

3) Разработать математическую модель оценки эффективности и качества при выборе стратегии проектирования, учитывающую многокритериальность и осуществляющую количественную оценку качественных параметров.

4) Разработать программные модули поддержки принятия решений при выборе оптимальных стратегий проектирования в организационных системах, реализующие предложенные алгоритм и модель через систему взаимосвязанных компонентов.

Методы исследования. В диссертации использовались методы системного анализа (анализ бизнес-процессов, структурный анализ), методы многокритериальной оптимизации (МАИ, ПРОМЭТРИ, TOPSIS), экспертные методы (анкетирование, интервьюирование, метод Делфи), а также функциональное и имитационное моделирование.

Научная новизна:

1) Комплексный алгоритм, в отличие от существующих подходов, адаптивно учитывает изменяющиеся условия проектной среды и предпочтения заинтересованных сторон.

2) Математическая модель отличается комплексным учетом многокритериальности проектных решений и количественной оценкой качественных параметров.

3) Программные модули, отличающиеся интеграцией оригинальных (авторских) алгоритма и модели.

Теоретическая значимость работы.

Установлены закономерности динамического управления входным набором критериев при многокритериальном выборе стратегий в условиях неопределенности.

Установлены зависимости между финансовыми, временными и качественными параметрами стратегий проектирования.

Определены принципы построения программных модулей, интегрирующих различные методы многокритериального анализа и машинного обучения для поддержки принятия решений в организационных системах проектного типа.

Практическая значимость работы.

Разработанный комплексный алгоритм повышает обоснованность выбора оптимальной стратегии проектирования и сокращает время принятия решений при многокритериальном анализе альтернатив за счет динамического управления входным набором критериев.

Применение разработанной математической модели повышает точность анализа проектных решений и минимизирует затраты на разработку проектов за счет комплексного учета взаимосвязей между критериями и адаптации к изменяющимся условиям проектной среды.

Разработанные программные модули ускоряют процесс анализа альтернативных стратегий и повышают точность принимаемых решений за счет накопления и использования исторических данных.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности. Содержание диссертации соответствует п.2. разработка математических моделей и критериев эффективности, качества и надёжности организационных систем. п.4. разработка информационного и программного обеспечения систем управления и механизмов принятия решений в организационных системах. п.9. разработка методов и алгоритмов интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений в организационных системах.

Публикации по материалам диссертации опубликовано 15 научных работ (9 статей, 4 материалов научных конференций, 2 свидетельства о регистрации программы для ЭВМ), 7 из которых опубликованы в научных журналах и изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России, 1 – в сборнике индексируемом SCOPUS, в том числе 7 работ опубликованные без соавторов.

Положения, выносимые на защиту:

1) Комплексный алгоритм интеллектуальной поддержки принятия решений с динамическим управлением входным набором критериев в организационных системах проектного типа.

2) Математическая модель оценки эффективности и качества при выборе стратегии проектирования.

3) Программные модули поддержки принятия решений при выборе оптимальных стратегий проектирования в организационных системах.

Апробация работы и публикации. Результаты диссертационного исследования докладывались и обсуждались на конференциях и семинарах: «Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики», Воронеж, 12-14 декабря 2022 года; «Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики», Воронеж, 4-6 декабря 2023 года; Международная конференция «Technology Enhanced Learning in Higher Education» (TELE2024), Липецк, 20-21 июня 2024 г.; Международная научно-практическая конференция «Современные тенденции и практические решения в науке», Москва, 30 июля 2024 года.

Степень достоверности основных полученных результатов обеспечивается надежными исходными данными, адекватностью выбранного математического аппарата и корректностью применения указанных методов исследования. Достоверность подтверждается апробацией и внедрением полученных результатов в практику работы производственных и проектных организаций

Внедрение результатов исследования. Основные положения диссертационного исследования внедрены в практическую деятельность предприятия АО «Можайское экспериментальное-механическое предприятие», на площадке ООО «Центр

интеграции приложений» проведена верификация разработанной модели, что привело к повышению эффективности проектирования и оптимизации затрат.

Личный вклад соискателя. Автором разработан комплексный алгоритм интеллектуальной поддержки принятия решений с динамическим управлением входным набором критериев в организационных системах проектного типа. Создана математическая модель оценки эффективности и качества при выборе стратегии проектирования. Разработаны программные модули поддержки принятия решений при выборе оптимальных стратегий проектирования в организационных системах. Проведен анализ оптимизации выбора из множества альтернатив и выявлены их ограничения.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и 1 приложения. Диссертация изложена на 162 страницах машинописного текста, включает 16 таблиц и 18 рисунков. Список использованных источников составляет 139 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертационного исследования, определены цель, задачи, объект, предмет и методы исследования, показаны научная новизна и практическая значимость исследования.

В первой главе «Анализ возможностей существующих методов и алгоритмов интеллектуальной поддержки принятия решений в организационных системах проектного типа» обосновывается фундаментальная роль процесса принятия решений в различных областях, таких как экономика, психология, операционные исследования и прикладная математика. Особое внимание уделяется актуальности выбора для проектных организаций, специализирующихся на разработке и внедрении сложных технических, организационных и программных систем.

Проведен анализ проектов, реализуемых проектными организациями, включая программное обеспечение (ПО), технические системы и интегрированные решения. Под термином «проект» подразумевается временное предприятие по созданию уникального продукта или услуги, требующее анализа множества альтернатив. Критерии включают стоимость, сроки, функциональные требования, качество, риски и другие факторы. Установлено, что успех проекта зависит от качества принимаемых решений на всех этапах реализации.

Рисунок 1 отображает организационную структуру проекта, демонстрируя иерархию и взаимосвязи между участниками. Отмечено, что центральную роль играет Руководитель проекта, координирующий команды и взаимодействующий с внешними стейкхолдерами.

Обоснована роль СППР в автоматизации процесса выбора оптимальных решений, учитывая предпочтения ЛПР. Проведен анализ существующих методов многокритериального выбора, включая МАИ, метод глобальных критериев, метод последовательных уступок, метод идеальной точки, АНП, ЭЛЕКТРА, PROMETHEE и TOPSIS. Выявлены их основные преимущества и ограничения при работе с множеством альтернатив.

При разработке проектов необходимо учитывать множество разнородных критериев - технических, организационных, экономических и стратегических. Процесс разработки и внедрения проектов включает выбор, так как требует учета и оптимизации множества взаимосвязанных факторов из различных областей в условиях неопределенности и ограниченных ресурсов.

На основе проведенного анализа обоснована необходимость разработки новых методов и инструментов для эффективной поддержки процессов принятия решений при выборе в условиях неопределенности, характерных для проектных организаций. Комплексный подход может включать традиционные методы, такие как МАИ или ЭЛЕКТРА, методы нечеткой логики и интеллектуальные системы, основанные на машинном обучении и искусственном интеллекте. Это позволяет компенсировать ограничения отдельных методов и использовать их преимущества для решения сложных задач.



Рисунок 1 – Организационная структура проекта по проектированию и внедрению

Во второй главе «Разработка комплексного алгоритма интеллектуальной поддержки принятия решений с динамическим управлением входным набором критериев в организационных системах проектного типа» представлен разработанный комплексный алгоритм интеллектуальной поддержки принятия решений с динамическим управлением входным набором критериев в проектных организациях для оптимального выбора стратегии проектирования проектов.

Разработанный комплексный алгоритм реализует возможность эффективного анализа и сопоставления широкого спектра альтернативных стратегий проектирования, что позволяет осуществлять комплексную оценку различных вариантов и выбирать оптимальное решение с учетом множества критериев и ограничений (Рисунок 2).

Проведен анализ ключевых критериев проектирования, включая стоимость, сроки, функциональные требования, качество, риски и вовлеченность заинтересованных сторон. В рамках алгоритма учитываются различные роли ЛПР (например, высшее руководство, руководители подразделений, технические специалисты, пользователи и внешние консультанты), при этом конкретный набор ролей может варьироваться в зависимости от специфики организации и проекта.

Анализ существующих методов многокритериального выбора (МАИ, PROMETHEE, TOPSIS) выявил их преимущества и ограничения. Для преодоления ограничений отдельных методов и обеспечения комплексного анализа предложено комбинирование методов: применение МАИ позволяет провести структурную декомпозицию проблемы, метод PROMETHEE обеспечивает оценку превосходства альтернатив по каждому критерию, а TOPSIS позволяет ранжировать альтернативы относительно идеального решения.

Комплексный алгоритм состоит из трех ключевых алгоритмов: алгоритма управления входным набором данных, алгоритма многокритериального анализа альтернатив и алгоритма формирования интеллектуальных рекомендаций. Сквозная нумерация этапов отражает их последовательность и взаимосвязь в рамках единого процесса принятия решений.



Рисунок 2 – Схема комплексного алгоритма интеллектуальной поддержки принятия решений

Алгоритм динамического управления входным набором данных включает следующие этапы:

Шаг 1: Выявление ЛПП и группировка их по ролям. Определяются ЛПП, их роли и компетенции путем проведения интервью и опросов. ЛПП группируются по ролям.

Последовательность выявления ЛПР представлена на рисунке 2.

Выделение ограниченного числа ключевых ролей ЛПР соответствует принципам иерархического структурирования задачи многокритериальной оптимизации методом анализа иерархий.

Процесс выявления ЛПР и их группировки по ролям можно представить в виде формулы:

$$\text{ЛПР} = \{\text{ЛПР}_1, \text{ЛПР}_2, \dots, \text{ЛПР}_n\}, \quad (1)$$

Где ЛПР – множество всех лиц, принимающих решения, а $\text{ЛПР}_1, \text{ЛПР}_2, \dots, \text{ЛПР}_n$ – отдельные лица, принимающие решения.

Затем это множество ЛПР группируется по ролям:

$$\text{Роли} = \{\text{Роль}_1, \text{Роль}_2, \dots, \text{Роль}_m\}, \quad (2)$$

Где Роли – обобщенные роли ЛПР, такие как руководители бизнес-подразделений, технические специалисты и т.д.

Это позволяет декомпозировать исходную сложную задачу принятия решений с большим количеством ЛПР на подзадачи анализа предпочтений отдельных групп ЛПР по ролям.

Шаг 2: Анкетирование и определение компетенций. Проводится анкетирование и интервью для определения предпочтений и требований ЛПР. Результаты структурируются в матрице компетенций ЛПР. Цель – определить их потребности, предпочтения, ожидания и требования в отношении проектируемого проекта. Результаты определения компетенций следует структурировать и формализовать в виде матрицы «Компетенций ЛПР».

Определение компетенций реализовано по следующему алгоритму:

1. Для каждого ЛПР:
 - а. Провести анкетирование/интервьюирование для определения основных и вторичных компетенций
 - б. Сформировать список основных компетенций ЛПР
 - с. Сформировать список вторичных компетенций ЛПР
2. Сформировать матрицу компетенций по следующей структуре:
 - а. Строки – роли ЛПР
 - б. Колонки – «Основные компетенции», «Уровень основных компетенций», «Вторичные компетенции», «Уровень вторичных компетенций»
3. Заполнить матрицу компетенций данными из шага 1

Результатом данной последовательно будет являться матрица «Компетенций ЛПР», включающая основные и вторичные компетенции с указанием уровней для каждой роли (Таблица 1).

В дальнейших шагах алгоритма управления входным набором критериев матрица используется при назначении весовых коэффициентов важности для ролей ЛПР на шаге 4, используя уровни основных компетенций из матрицы. При построении матрицы «Критерии-ЛПР» на шаге 4, используется уровни вторичных компетенций из матрицы «Компетенции ЛПР» для более тонкой настройки степени значимости критериев для каждой роли.

Данные матрицы будут использованы на последующих шагах для учета мнений и предпочтений различных ЛПР при оценке значимости критериев проектирования и анализе альтернативных вариантов проекта.

Шаг 3: Формирование списка критериев. Формируется полный перечень критериев, которые классифицируются и структурируются по категориям и уровням приоритета для каждой роли ЛПР.

Таблица 1 – Матрица «Компетенции ЛПР»

Роль ЛПР	Основные компетенции	Уровень	Второстепенные компетенции	Уровень
Высшее руководство	Стратегическое видение и управление	Высокий	Финансовый менеджмент, Управление ИТ	Средний
Руководители бизнес-подразделений	Понимание бизнес-процессов, Функциональные требования	Высокий	Технические знания, Юзабилити	Низкий
Технические специалисты	Архитектура ИТ-систем, Средства разработки	Высокий	Требования бизнеса, Безопасность	Средний
Конечные пользователи	Пользовательский опыт, Юзабилити	Высокий	Функциональные требования	Средний
Финансовые специалисты	Бюджетирование, Управление затратами	Высокий	Функциональные требования, Технические знания	Низкий
Специалисты по безопасности	Требования безопасности, Нормативное соответствие	Высокий	Архитектура ИТ-систем	Средний
Внешние консультанты	Лучшие отраслевые практики, Управление проектами	Высокий	Специализированные технические знания	Средний

После формирования перечня критериев необходимо провести их классификацию и структурирование по категориям и уровням приоритета для каждой роли ЛПР. В итоге должен быть сформирован структурированный и приоритизированный перечень критериев проектов. Сформированный список критериев станет основой для дальнейшего анализа.

Шаг 4: Весовые коэффициенты и матрица «Критерии-ЛПР».

1. Назначаются весовые коэффициенты важности w_i для каждой роли ЛПР на основе уровней их основных компетенций из матрицы компетенций:

$$w_i = f(\text{УОК}_i), \quad (3)$$

Где $f()$ – функция, линейно преобразующая уровень компетенций в весовой коэффициент: $f(H) = 0.5$, $f(M) = 0.3$, $f(L) = 0.2$, а УОК – Уровень основных компетенций.

Весовые коэффициенты нормируются так, чтобы сумма была равна 1. Такой подход обеспечивает сопоставимость влияния различных ролей ЛПР, позволяет интерпретировать коэффициенты как доли от общего влияния и обеспечивает математическую корректность при дальнейших расчетах.

2. Построенная матрица «Критерии-ЛПР» отражает степень важности каждого критерия j для каждой роли i с учетом их основных и вторичных компетенций:

$$\text{ВК}_{ji} = g(\text{УОК}_i, \text{УВК}_{i,j}), \quad (4)$$

Где УВК – Уровень вторичной компетенции, а $g()$ – функция, определяющая важность по следующим правилам:

- Если критерий j относится к основным компетенциям роли i , то Важность = Н
- Если критерий j относится к вторичным компетенциям роли i , то:
 - Если $\text{УВК}_{i,j} = H$, то Важность = Н
 - Если $\text{УВК}_{i,j} = M$, то Важность = М
 - Если $\text{УВК}_{i,j} = L$, то Важность = L
- Иначе Важность = L

Для каждого ЛПР определяются их вторичные компетенции, выявленные на втором этапе. Это позволит гибко распределять веса мнений ЛПР при оценке различных критериев.

В таблице 2 приведен пример матрицы Критерии-ЛПР.

Сформированная матрица «Критерии-ЛПР» вместе с назначенными весовыми коэффициентами ролей будет использована на следующем шаге для расчета интегральных показателей значимости критериев.

Таблица 2 – Критерии-ЛПР

Критерии/ЛПР	Руководство	Финансисты	Разработчики	Пользователи
Функциональность	Н	М	Н	Н
Стоимость	М	Н	Л	Л
Сроки	Н	Н	М	М
Удобство использования	М	Л	Н	Н
Масштабируемость	Н	М	Н	М
Безопасность	Н	М	М	Л

Алгоритм анализа множества альтернатив включает:

Шаг 5: Анализ множества альтернатив. Рассчитываются интегральные показатели значимости критериев и весовые коэффициенты с использованием методов ПРОМЭТРИ.

Формула расчета обобщенных показателей предпочтения:

$$\pi(a, b) = \sum_{j=1}^m (P(a, b) \cdot w_j), \quad (5)$$

где суммирование идет по всем ролям j с учетом их весовых коэффициентов w_j , m - количество критериев.

Формула расчета интегрального показателя значимости критерия:

$$F(i) = \frac{1}{n \cdot (n-1) \cdot \sum_{a=1}^n \sum_{b=1, b \neq a}^n (\pi(a, b) - \pi(b, a))}, \quad (6)$$

где n – общее количество альтернатив, a и b – индексы альтернатив, по которым производится попарное сравнение, $\pi(a, b)$ – обобщенный показатель предпочтения альтернативы a над альтернативой b .

Формула расчета весового коэффициента критерия:

$$W_i = \frac{F(i)}{\sum_{j=1}^n F(j)} \quad (7)$$

На выходе получаем интегральные показатели значимости $F(i)$ и весовые коэффициенты W_i для каждого критерия проектирования проекта, n – количество альтернатив.

Шаг 6: Принятие решения. Альтернативы оцениваются по рассчитанным интегральным показателям и весовым коэффициентам, используя концепцию идеального решения. Для каждой альтернативы вычисляются расстояния до этих идеалов S_{i+} и S_{i-} по формулам:

$$S_{i+} = \sqrt{\sum_{j=1}^n (W_j \cdot (X_{ij} - X_{j+})^2)}, \quad (8)$$

$$S_{i-} = \sqrt{\sum_{j=1}^n (W_j \cdot (X_{ij} - X_{j-})^2)}, \quad (9)$$

где W_j – весовой коэффициент j -го критерия, X_{ij} – оценка альтернативы по критерию, X_{j+} и X_{j-} – идеальные оценки, n – количество альтернатив.

Затем рассчитывается относительный рейтинг R_i приближения каждой альтернативы к идеалу:

$$R_i = \frac{S_{i-}}{S_{i+} + S_{i-}} \quad (10)$$

Альтернатива с наибольшим рейтингом R_i выбирается как оптимальная.

Алгоритм формирования интеллектуальных рекомендаций:

Шаг 7: Формирование интеллектуальных рекомендаций. На основе результатов анализа и оценки альтернативных стратегий система формирует набор обоснованных рекомендаций для ЛПР. Ключевым элементом алгоритма является интеграция модели машинного обучения на основе градиентного бустинга, обученной на исторических данных успешных проектов. Модель используется для повышения точности оценок и формирования релевантных рекомендаций.

Рассчитывается индекс риск-возможность (ИРВ):

$$\text{ИРВ} = \frac{\sum_{j=1}^p V_j - \sum_{k=1}^q R_k}{m}, \quad (11)$$

где V_j - оценка j -й возможности, R_k - оценка k -го риска, m - общее количество оцененных рисков и возможностей, p - количество возможностей q - количество рисков.

Модель машинного обучения анализирует характеристики проекта, результаты многокритериального анализа и рассчитанные ИРВ для прогнозирования вероятности успеха каждой стратегии. На основе прогнозов система формирует рекомендации для топ-3 стратегий, включающие обоснование выбора, предлагаемые действия по реализации, меры по минимизации рисков и рекомендации по использованию возможностей.

Математически процесс работы модели описывается формулой:

$$F_M(x) = F_o(x) + \sum_{m=1}^M (v \cdot \gamma_m \cdot h_{m(x)}), \quad (12)$$

где $F_M(x)$ представляет итоговую модель после M итераций, $F_o(x)$ – начальное приближение, v – параметр скорости обучения, γ_m – множитель вклада каждого дерева на m -й итерации, $h_{m(x)}$ – базовая модель (дерево решений).

В качестве функции ошибки для минимизации выбрана среднеквадратичная ошибка:

$$MSE = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (y_i - y'_i)^2 \quad (13)$$

где y_i – фактическое значение, y'_i – предсказанное значение, n – количество наблюдений.

Критерий расщепления при построении деревьев также основан на MSE, что обеспечивает согласованность оптимизации на всех уровнях модели.

Для обеспечения оптимального баланса между точностью и вычислительной сложностью установлены следующие параметры: количество итераций бустинга – 100, скорость обучения – 0.1, максимальная глубина деревьев – 6 уровней. Минимальное число объектов для расщепления установлено равным 10, а минимальное число объектов в листе – 5, что предотвращает переобучение модели и обеспечивает стабильность прогнозов.

Начальное приближение формируется как среднее значение целевой переменной:

$$F_o(x) = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (y_i) \quad (14)$$

где y_i – значения целевой переменной в обучающей выборке. Указанный подход обеспечивает устойчивый старт процесса обучения.

На каждой итерации модель корректирует прогнозы, минимизируя функцию потерь и учитывая важность каждого признака через механизм градиентного спуска. Максимальное число конечных узлов не ограничивается явно, позволяя деревьям адаптироваться к структуре данных в пределах установленной максимальной глубины.

Точность прогнозов повышается по мере накопления данных о реализованных проектах благодаря механизму дообучения модели на новых примерах.

Алгоритм генерирует аналитический отчет, содержащий описание рассмотренных стратегий, результаты анализа, прогнозы модели машинного обучения, обоснованные рекомендации и визуализацию результатов. Интеграция модели машинного обучения позволяет учитывать неявные закономерности в данных и адаптировать рекомендации к специфике конкретной организации и отрасли.

Для наглядного представления структуры разработанного комплексного алгоритма создана схема, отражающая основные этапы и их взаимосвязи.

Схема изображена на Рисунке 3.

Необходимо отметить, что разработанный алгоритм учитывает не только тактические задачи конкретного проекта, но и долгосрочные стратегические цели организации, оценивая влияние выбранной стратегии на конкурентное положение, инновационный потенциал и адаптивность организации.

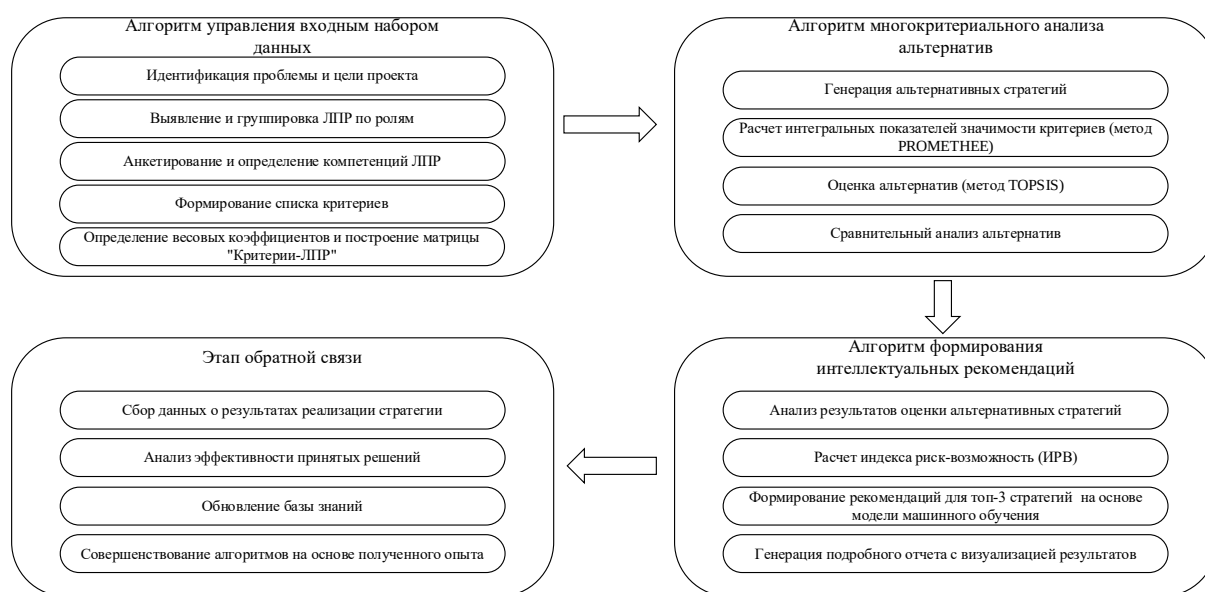


Рисунок 3 – Структурная схема комплексного алгоритма интеллектуальной поддержки принятия решений

Комплексный алгоритм интеллектуальной поддержки принятия решений отличается следующими ключевыми особенностями:

- Адаптивность к специфике проекта и организационного контекста
- Активное вовлечение всех заинтересованных сторон в процесс выбора стратегии
- Интегрированная система управления знаниями для непрерывного совершенствования процесса

Таким образом, комплексный алгоритм обеспечивает выбор стратегии проектирования, интегрируя различные аспекты управления проектами и организационного развития.

Для подтверждения эффективности разработанного комплексного алгоритма было проведено его тестирование на примере проекта автоматизированной системы мониторинга пожарной безопасности (АСМПБ). На этапе управления входным набором данных были определены 5 ключевых групп ЛПР (представители МЧС, технические эксперты, разработчики, эксперты по безопасности, представители эксплуатации). На основе анализа их компетенций и построения матрицы "Критерии-ЛПР" были получены весовые коэффициенты для групп ЛПР и рассчитаны обобщенные показатели предпочтения для трех альтернативных стратегий проектирования: централизованной, децентрализованной и гибридной системы. Алгоритм определил децентрализованную систему с распределенной архитектурой как оптимальную стратегию (интегральный показатель значимости 0.61), что подтверждено высокими показателями в попарных сравнениях ($\pi(S_2, S_1) = 0.58$, $\pi(S_2, S_3) = 0.63$).

Разработанный комплексный алгоритм интеллектуальной поддержки принятия решений с динамическим управлением входным набором критериев в проектных организациях, включающий три взаимосвязанных алгоритма, обеспечивает комплексный подход к анализу и выбору оптимальных стратегий проектирования в проектных организациях. Комплексный алгоритм учитывает множество критериев, предпочтения различных заинтересованных сторон и обеспечивает адаптивность к изменяющимся условиям проектной среды. Во второй главе разработан комплексный алгоритм интеллектуальной поддержки принятия решений с динамическим управлением входным набором критериев в проектных организациях. Комплексный алгоритм интегрирует три ключевых алгоритма: управления входным набором данных, многокритериального анализа альтернатив и формирования интеллектуальных рекомендаций.

Предложена семиэтапная структурная схема комплексного алгоритма, отражающая последовательность и цикличность процесса принятия решений, сочетает преимущества подходов MAI, PROMETHEE и TOPSIS, обеспечивая адаптивность к специфике проекта, вовлечение всех заинтересованных сторон и непрерывное совершенствование через управление знаниями.

В третьей главе «Разработка математической модели оценки эффективности и качества при выборе стратегии проектирования» обосновывается необходимость поддержки принятия решений при выборе оптимальной стратегии проектирования, учитывающей разнообразные критерии и предпочтения всех заинтересованных сторон. Способствует успешной реализации проектов и достижению стратегических целей организации. Проведен анализ областей применения комплексного алгоритма, таких как проектирование, разработка и внедрение сложных технических систем, IT-проектов, систем автоматизации производства, интегрированных решений типа «умный город» и цифровых двойников в различных отраслях, включая машиностроение, энергетику, транспорт и строительство.

Разработанный во второй главе комплексный алгоритм и представляемая математическая модель оценки эффективности являются взаимодополняющими компонентами для интеллектуальной поддержки выбора стратегий проектирования. Они функционируют как самостоятельные, но взаимодействующие элементы: алгоритм обеспечивает структурированный подход к анализу альтернатив и формированию набора критериев, а модель использует эти данные для комплексной оценки эффективности различных стратегий.

Структура математической модели оценки эффективности и качества при выборе стратегий в организационных системах проектной деятельности изображена на рисунке 4 и включает следующие ключевые компоненты:

1. Входные параметры модели:

- Множество альтернативных стратегий проектирования $S = \{S_1, S_2, \dots, S_n\}$
- Набор критериев эффективности $K = \{K_1, K_2, \dots, K_m\}$
- Весовые коэффициенты критериев $W = \{w_1, w_2, \dots, w_m\}$
- Ограничения по ресурсам и нормативным требованиям $R = \{R_1, R_2, \dots, R_p\}$

2. Процесс обработки данных:

- Нормализация исходных показателей
- Расчет интегрального показателя эффективности Z
- Учет ограничений и неопределенностей
- Анализ чувствительности результатов

3. Выходные параметры модели:

- Интегральные показатели эффективности для каждой стратегии $Z = \{Z_1, Z_2, \dots, Z_n\}$
- Ранжированный список стратегий проектирования
- Оптимальная стратегия S^*

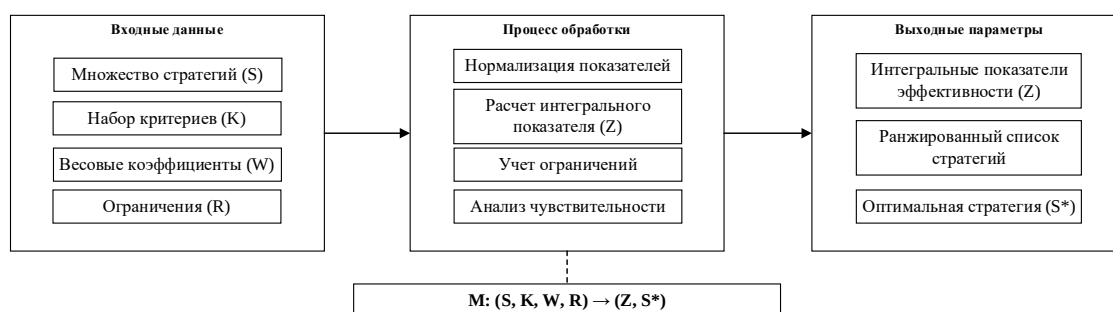


Рисунок 4 – Модель оценки эффективности и качества при выборе стратегии проектирования

Формализованное представление модели:

$$M: (S, K, W, R) \rightarrow (Z, S^*) \quad (15)$$

где M - оператор модели, преобразующий входные параметры в выходные.

Комплексный алгоритм интеллектуальной поддержки принятия решений интегрируется в модель на этапе обработки данных. Он обеспечивает структурированный подход к анализу альтернатив, включая Идентификацию проблемы и структурирование критериев, Сбор и анализ данных от ЛПР, Применение интегральных показателей для оценки альтернатив, Ранжирование альтернатив и выбор оптимальной стратегии, Формирование оптимального набора критериев, Расчет весовых коэффициентов критериев, Учет предпочтений различных ЛПР, Адаптацию набора критериев к изменяющимся условиям проекта.

Алгоритм обеспечивает оптимальный набор критериев и их весовые коэффициенты, которые затем используются при выборе стратегий проектирования для оценки и ранжирования альтернатив. Такое взаимодействие алгоритма с моделью позволяет получить более точные и обоснованные результаты при выборе стратегии проектирования.

Весовые коэффициенты α , β и γ отражают относительную важность финансовых затрат, временных ресурсов и качества проекта соответственно. Коэффициенты позволяют адаптировать модель под приоритеты проекта: больший вес α для приоритета бюджета или γ для фокуса на качестве. Сумма коэффициентов всегда равна 1.

Коэффициенты α и β определяются методом анализа иерархий на основе экспертных оценок и исторических данных. Эксперты проводят попарные сравнения, формируют матрицы, а полученные векторы приоритетов усредняются и нормализуются. Коэффициент γ рассчитывается автоматически согласно формуле 17.

Ключевым элементом модели является интегральный показатель эффективности Z , который рассчитывается для каждой альтернативной стратегии проектирования:

$$Z = \alpha \cdot F + \beta \cdot L + \gamma \cdot Q \rightarrow \min, \quad (16)$$

где:

- Z – интегральный показатель эффективности,
- F – нормализованный показатель финансовых затрат,
- L – нормализованный показатель затраты времени,
- Q – нормализованный показатель качества,
- α , β , γ – весовые коэффициенты, отражающие относительную важность каждого из критериев.

Критерий оптимизации – минимизация интегрального показателя Z .

Особенностью интегрального показателя эффективности Z является то, что показатель качества Q требует специальной обработки, поскольку, в отличие от финансовых и временных затрат, которые необходимо минимизировать, качество системы должно быть максимальным. Для обеспечения согласованности с общей логикой минимизации интегрального показателя, показатель качества преобразуется таким образом, чтобы отражать степень отклонения от идеального качества.

Ограничения:

$$\begin{cases} \alpha + \beta + \gamma = 1 \\ \alpha, \beta, \gamma \geq 0 \end{cases} \quad (17)$$

F , L , Q должны быть нормализованы к единой шкале для корректного сравнения.

Весовые коэффициенты (α , β , γ) играют ключевую роль в целевой функции. Настройка коэффициентов позволяет адаптировать модель к специфическим требованиям и ограничениям каждого конкретного проекта или организации.

Важно отметить, что в ходе реализации проекта приоритеты и условия могут меняться. Для учета этой динамики предлагается механизм адаптивной корректировки весовых коэффициентов.

Коррекция производится на каждом временном шаге t по формуле:

$$\alpha(t) = \alpha(t-1) + \Delta\alpha(t) \quad (18)$$

где $\alpha(t)$ – значение коэффициента на текущем шаге, $\alpha(t-1)$ – значение на предыдущем шаге, $\Delta\alpha(t)$ – величина корректировки.

Величина корректировки определяется на основе отклонения фактических показателей от плановых:

$$\Delta\alpha(t) = k \cdot \frac{F_{\text{факт}} - F_{\text{план}}}{F_{\text{план}}}, \quad (19)$$

где k – коэффициент чувствительности, $F_{\text{факт}}$ и $F_{\text{план}}$ – фактическое и плановое значения соответствующего показателя.

Для обеспечения стабильности модели вводятся ограничения на максимальную величину корректировки и проводится нормализация коэффициентов после каждого изменения, чтобы сохранялось условие $\alpha + \beta + \gamma = 1$.

Применение механизма динамической корректировки весовых коэффициентов позволяет модели гибко реагировать на изменения в ходе проекта. Данный подход эффективен в контексте проектных организаций, работающих в условиях высокой неопределенности и быстро меняющихся требований.

Функция позволяет комплексно оценивать и оптимизировать процессы проектирования и внедрения сложных систем, обеспечивая сбалансированный подход к управлению финансовыми ресурсами, временем и качеством.

Оптимальная стратегия S^* определяется как:

$$S^* = \operatorname{argmin}\{Z(S_i) \mid S_i \in S, R(S_i) \leq R_{\max}\}, \quad (20)$$

где $R(S_i)$ – ресурсные затраты для стратегии S_i , $R_{\max}$ – максимально допустимые ресурсные затраты.

Данное выражение определяет оптимальную стратегию S^* как элемент множества S , обеспечивающий минимальное значение интегрального показателя эффективности $Z(S_i)$. При этом учитывается ключевое ограничение: ресурсные затраты $R(S_i)$ для выбранной стратегии не должны превышать установленный предел $R_{\max}$.

Таким образом, формула математически описывает поиск эффективного решения в рамках заданных ресурсных ограничений, что отражает практические реалии проектного управления.

Модель оценки эффективности и качества при выборе стратегии проектирования обеспечивает поддержку принятия решений за счет динамической адаптации весовых коэффициентов на основе анализа отклонений фактических показателей от плановых и комплексный учет неопределенности за счет интеграции методов нечеткой логики.

На примере того же проекта АСМПБ была проведена проверка модели оценки эффективности. С учетом установленных ограничений (максимальный бюджет 15 млн руб, срок реализации не более 9 месяцев, минимальная надежность 7 баллов, время реакции не более 5 секунд) и весовых коэффициентов ($\alpha = 0,3$, $\beta = 0,35$, $\gamma = 0,35$) были получены значения интегрального показателя эффективности для трех стратегий: $Z(S_1) = 0,5875$, $Z(S_2) = 0,2375$, $Z(S_3) = 0,61075$. Результаты подтвердили оптимальность децентрализованной стратегии (S_2), полностью удовлетворяющей всем ограничениям с наилучшими показателями по времени реакции и срокам реализации.

Для всесторонней оценки эффективности и сравнения альтернативных стратегий проектирования используется набор критериев, основанный на анализе существующих подходов и исследований в области системного анализа, управления проектами и принятия решений (Таблица 3).

Интерпретация результатов включает визуализацию данных, анализ и формулирование выводов, а также разработку рекомендаций по улучшению. Это упрощает процесс анализа и принятия решений, выявляет ключевые тенденции и отклонения, обосновывает принятые решения и предлагает пути решения проблем.

Для обеспечения объективной и сопоставимой оценки критериев эффективности разработаны 10-балльные шкалы, где 1-3 соответствует низкому уровню, 4-7 – среднему, 8-10 – высокому. Шкалы адаптированы к специфике проектных организаций и учитывают различные аспекты эффективности проектирования: 1-3: Низкое соответствие (менее 60% требований выполнено), 4-7: Среднее соответствие (60-80% требований выполнено), 8-10: Высокое соответствие (более 80% требований выполнено).

Таблица 3 – Критерии эффективности и их компоненты

Критерий	Описание	Компоненты
Соответствие функциональным требованиям	Степень реализации заявленного функционала и соответствия бизнес-процессам	Полнота реализации функционала Соответствие бизнес-процессам заказчика Масштабируемость и расширяемость
Удовлетворенность пользователей	Уровень удовлетворенности конечных пользователей проектируемой системы	Удобство использования интерфейса Доступность поддержки и документации
Затраты на проект	Общие затраты на реализацию проекта, включая начальные и операционные расходы	Начальные капитальные вложения Операционные расходы Затраты на внедрение и интеграцию Стоимость сопровождения и модернизации
Сроки реализации	Время, необходимое для завершения проекта	Соблюдение установленных дедлайнов Согласование темпов разработки с заказчиком
Производительность системы	Показатели производительности и масштабируемости системы	Скорость обработки данных и транзакций Масштабируемость производительности
Соответствие нормативным требованиям	Соответствие системы нормативным требованиям и стандартам безопасности	Соблюдение отраслевых стандартов Обеспечение информационной безопасности Защита персональных данных
Совместимость с инфраструктурой	Возможность интеграции системы с существующими решениями и технологиями	Интеграция с существующими системами Соответствие техническим стандартам организации
Гибкость	Способность системы адаптироваться к изменениям требований и условий	Модульность архитектуры Возможность настройки без перепрограммирования
Риски	Идентификация и управление потенциальными рисками, связанными с проектом	Технические риски Организационные риски Финансовые риски
Вовлеченность заказчика	Уровень участия и удовлетворенности заказчика	Частота и качество коммуникаций Учет обратной связи от заказчика

Использование данных шкал позволяет провести более точную и объективную оценку каждого критерия эффективности, обеспечивая сопоставимость результатов для различных проектов и стратегий проектирования. Предложенные шкалы оценки адаптированы к специфике проектных организаций и учитывают различные аспекты эффективности проектирования. Они позволяют перевести качественные оценки в количественные показатели, что облегчает процесс анализа множества альтернатив и принятия решений.

При необходимости шкалы могут быть дополнительно настроены под конкретные требования организации или проекта.

В четвертой главе «Разработка программных модулей поддержки принятия решений при выборе оптимальных стратегий проектирования в организационных системах» представлена разработка двух ключевых программных модулей, реализующих предложенные в диссертации алгоритмы и модель. Модули интегрируются между собой и в совокупности обеспечивают полный цикл анализа и выбора оптимальных стратегий проектирования. На рисунке 5 изображена структура с разработанными модулями.

Программный модуль комплексного многокритериального анализа реализует алгоритм интеллектуальной поддержки принятия решений с динамическим управлением входным набором критериев. В основе модуля лежит интеграция методов МАИ, PROMETHEE и TOPSIS, где каждый метод отвечает за определенный этап анализа. Ключевыми функциональными возможностями модуля являются: анализ организационной структуры проекта и идентификация всех заинтересованных лиц; формирование набора ролей ЛПР; создание матрицы компетенций ЛПР; формирование и структурирование списка критериев; расчет весовых коэффициентов; расчет обобщенных показателей предпочтения; ранжирование альтернатив; формирование рекомендаций для наиболее перспективных стратегий.

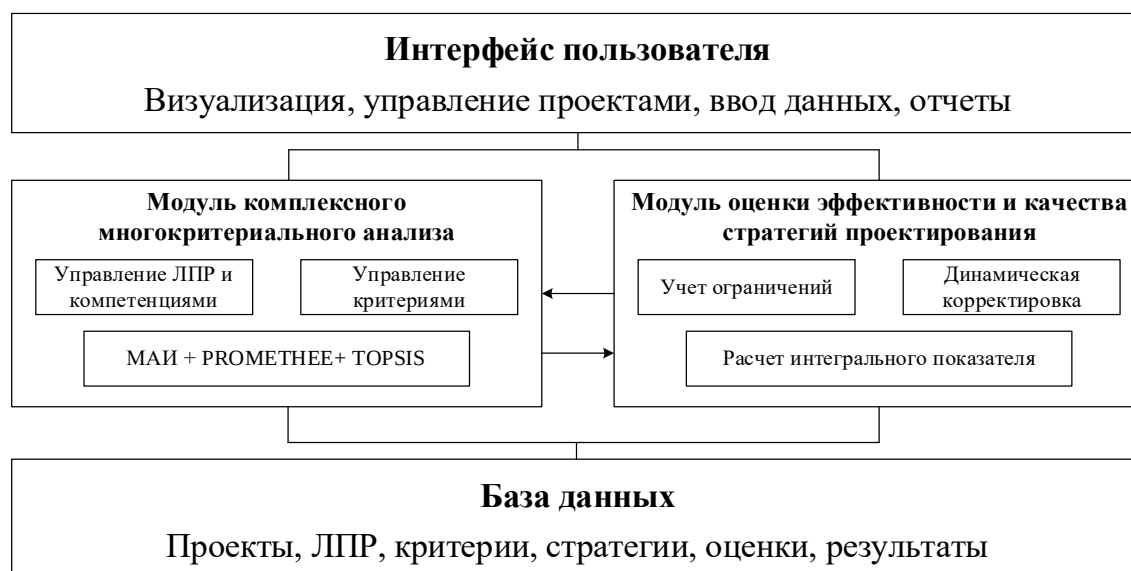


Рисунок 5 – Структура системы поддержки принятия решений с разработанными модулями

Модуль обеспечивает динамическое управление входным набором критериев, что отличает его от традиционных методов, использующих статический подход. В рамках программной реализации алгоритма формирования интеллектуальных рекомендаций интегрирована модель машинного обучения на основе градиентного бустинга. Данная модель применяется для прогнозирования вероятности успеха различных стратегий на основе их характеристик, что повышает обоснованность рекомендаций, особенно в условиях неопределенности и при наличии неявных закономерностей в исторических данных о проектах.

Программный модуль оценки эффективности и качества стратегий проектирования реализует математическую модель оценки эффективности и качества при выборе стратегии проектирования. В основе модуля лежит расчет интегрального показателя эффективности, учитывающего баланс между затратами, временем и качеством. Основными функциональными возможностями модуля являются: расчет

интегрального показателя эффективности; динамическая корректировка весовых коэффициентов на основе анализа отклонений фактических показателей от плановых; нормализация разнородных показателей; учет ресурсных ограничений; расчет индекса риск-возможность для каждой стратегии.

Особенностью модуля является реализация механизма динамической корректировки весовых коэффициентов, что позволяет адаптировать модель к изменяющимся условиям проекта. Модуль анализирует отклонения фактических показателей от плановых и автоматически корректирует значимость различных аспектов в соответствии с текущими потребностями.

Помимо основных модулей, система включает вспомогательные компоненты: модуль визуализации результатов, модуль управления проектами, модуль анализа чувствительности и модуль управления рисками. Перечисленные компоненты расширяют функциональность системы и обеспечивают удобство работы пользователей с ней.

Для хранения и обработки информации разработана логическая структура реляционной базы данных, обеспечивающая эффективное хранение и обработку информации о ЛПР, критериях, альтернативах и их оценках.

Проведенный сравнительный анализ эффективности показал, что применение разработанных программных модулей позволяет сократить время анализа и выбора оптимальной стратегии из 20 альтернативных вариантов в 5.5 раз по сравнению с традиционными методами.

Апробация программных модулей в проектных организациях, АО «Можайское экспериментальное-механическое предприятие» и ООО «Центр интеграции приложений», продемонстрировала улучшение качества и обоснованности решений, а также сокращение времени и затрат при выборе оптимальной стратегии проектирования. Достоверность результатов подтверждена статистическим анализом с использованием критерия Фишера, показавшим значимые различия между контрольной и экспериментальной группами ($p < 0,05$).

Разработанные программные модули позволяют проектным организациям эффективно анализировать множество альтернативных стратегий, учитывать различные факторы и ограничения, и принимать обоснованные решения при выборе оптимальной стратегии проектирования.

В заключении подведены итоги диссертационного исследования, сформулированы **основные результаты и выводы**.

В диссертации решена научно-техническая задача повышения эффективности и качества принятия управленческих решений в проектных организациях на основе разработки математической модели оценки эффективности и качества при выборе стратегии проектирования и комплексного алгоритма интеллектуальной поддержки принятия решений с динамическим управлением входным набором критериев в организационных системах проектного типа. Основные результаты проведенного исследования заключаются в следующем:

1. Разработан комплексный алгоритм интеллектуальной поддержки принятия решений с динамическим управлением входным набором критериев в организационных системах проектного типа. В отличие от существующих подходов, предложенный комплексный алгоритм адаптивно учитывает изменяющиеся условия проектной среды и предпочтения заинтересованных сторон, что обеспечивает обоснованный выбор стратегий проектирования и сокращения времени принятия решений. Эффективность алгоритма подтверждена результатами экспериментальных исследований, проведенных на базе АО «Можайское экспериментальное-

механическое предприятие», где его применение привело к повышению точности выбора стратегий на 12% при одновременном сокращении времени принятия решений.

2. Создана математическая модель оценки эффективности и качества при выборе стратегии проектирования. Новизна модели заключается в комплексном учете многокритериальности проектных решений и возможности количественной оценкой качественных параметров, что позволяет повысить точность оценки альтернативных стратегий и минимизировать затрат на разработку проектов. Практическая значимость модели подтверждена результатами ее внедрения в ООО «Центр интеграции приложений», где было достигнуто повышение эффективности проектирования на 8% и оптимизация затрат на разработку проектов.

3. Разработаны программные модули поддержки принятия решений при выборе оптимальных стратегий проектирования в организационных системах. В предложенные программные модули интегрированы оригинальные (авторские) алгоритм и модель, что обеспечивает автоматизацию процесса многокритериального анализа и визуализацию результатов для повышения точности принимаемых решений. (свидетельства о регистрации прогр.№ 2024684350 от 16.10.2024. название «Программное обеспечение поддержки принятия решений при выборе стратегий проектирования из множества альтернатив»).

Проведенное исследование вносит значительный вклад в развитие теории и практики интеллектуальной поддержки принятия решений в проектных организациях. Дальнейшие исследования могут быть направлены на адаптацию алгоритма к различным отраслям и интеграцию с технологиями искусственного интеллекта.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях, входящих в базы Web of Science и Scopus

1. Borzykh, N.Yu. Algorithm for optimal selection of a strategy for designing corporate information systems using multi-criteria optimization / N.Yu. Borzykh, T.E. Smolentseva, N.N.Teterin, A.V. Kalach // 4th International Conference on Technology Enhanced Learning in Higher Education (TELE). Lipetsk, Russian Federation. – 2024. – pp. 106-110.0,3/0,1п.л.

Публикации в изданиях, входящих в перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России

2. Борzych, Н.Ю. К вопросу выбора критериев при проектировании корпоративных информационных систем / А.В. Калач, Т.Е. Смоленцева, Н.Ю. Борzych // Вестник Воронежского Института ФСИН России. – 2022. – №4. – С. 72-75. 0,25/0,1п.л.

3. Борzych, Н.Ю. К вопросу управления входным набором критериев при выборе стратегии проектирования корпоративных информационных систем / Н.Ю. Борzych, Т.Е. Смоленцева, М.В. Смирнов // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. – 2023. – № 6. – С. 61-67. 0,28/0,1п.л.

4. Борzych, Н.Ю. Алгоритмизация выбора стратегии проектирования на основе построения компромиссных решений / Н.Ю. Борzych // Сибирский пожарно-спасательный вестник. – 2023. – № 4 (31). – С. 85-90. 0,4п.л.

5. Борzych, Н.Ю. Многокритериальная оптимизация и управление показателями качества в задачах машинного обучения / Н.Ю. Борzych, Т.Е. Смоленцева // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. – 2024. – № 1. – С. 33-37. 0,3/0,15п.л.

6. Борzych, Н.Ю. Разработка архитектуры программного обеспечения для поддержки принятия решений при выборе стратегий проектирования из множества

альтернатив / А.В. Калач, Н.Ю. Борзых, Т.Е. Смоленцева // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2024. – Т. 12. – №4(47). 0,8/0,26 п.л.

7. Борзых, Н.Ю. Модель оценки эффективности при выборе стратегии проектирования из множества альтернатив / Н.Ю. Борзых // Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России. – 2024. – № 4. – С. 163-171. 0,5 п.л.

8. Борзых, Н.Ю. Разработка программных модулей поддержки принятия решений при выборе оптимальных стратегий проектирования в организационных системах / Н.Ю. Борзых // Информатизация и связь. – 2025. – № 2. – С.58-65. 0,4 п.л.

Свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ

9. Программная система оценки эффективности многокритериального выбора стратегий проектирования / Н.Ю. Борзых // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024680125 Российская Федерация. – № 2024667990; заявл. 29.07.2024; опублик. 26.08.2024. – 1 с. 596 КБ.

10. Программное обеспечение поддержки принятия решений при выборе стратегий проектирования из множества альтернатив / Н.Ю. Борзых // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024684350 Российская Федерация. – № 2024680114; заявл. 28.08.2024; опублик. 16.10.2024. – 1 с. 427 МБ.

Публикации в иных изданиях

11. Борзых, Н.Ю. Анализ применения методов многокритериальной оптимизации на этапе выбора стратегии проектирования корпоративных информационных систем / Н.Ю. Борзых, Т.Е. Смоленцева // Тенденции развития науки и образования. – 2023. – №97-12. – С. 38-41. 0,25/0,12 п.л.

12. Борзых, Н.Ю. Анализ систем поддержки принятия решений, их классификаций и методов принятия решений / Н.Ю. Борзых // Тенденции развития науки и образования. – 2022. – № 91-7. – С. 87-90. 0,25 п.л.

13. Борзых, Н.Ю. Анализ применения методов при выборе критериев на этапе формирования требований к системе / Н.Ю. Борзых, Т.Е. Смоленцева // Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики: Сборник трудов Международной научной конференции. Воронежский государственный университет, Воронеж, 12–14 декабря 2022 г. – Воронеж: Издательство: Научно-исследовательские публикации, 2023. – С. 1489-1492. 0,25/0,12 п.л.

14. Борзых, Н.Ю. Алгоритмизация управления входным набором критериев при выборе стратегии проектирования / Н.Ю. Борзых, Т.Е. Смоленцева, А.В. Калач, К.А. Кузнецова, А.С. Зацарин // Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики: Сборник трудов Международной научной конференции, Воронеж, 04–06 декабря 2023 г. – Воронеж: Издательство: Общество с ограниченной ответственностью "Вэлборн", 2024. – С. 1498-1502. 0,3/0,1 п.л.

15. Борзых, Н.Ю. Модель оценки эффективности многокритериального выбора стратегии проектирования проектов в организационных системах / Н.Ю. Борзых // Современные тенденции и практические решения в науке: Сборник статей Международной научно-практической конференции, Москва, 30 июля 2024 г. – Москва: Международный центр «Новые научные исследования», 2024. – С. 12-19. 0,5 п.л.

Подписано в печать	15.07.2025	Формат 60x84 1/16
Печать цифровая	Объем 1 п.л.	Тираж 100 экз.