

На правах рукописи



Коренькова Дарья Александровна

**ИНСТРУМЕНТАРИЙ ГРУППОВОГО ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ
ПО УПРАВЛЕНИЮ ПРОЕКТАМИ ЦИФРОВОЙ
ТРАНСФОРМАЦИИ ЭКОНОМИКИ**

08.00.13 – Математические и инструментальные
методы экономики

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата экономических наук

Москва – 2021

Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»

Научный руководитель: **Дроговоз Павел Анатольевич**
доктор экономических наук, профессор

Официальные оппоненты: **Халиков Михаил Альфредович**
доктор экономических наук, профессор
ФГБОУ ВО «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова», профессор
кафедры математических методов в экономике

Назаров Дмитрий Михайлович
доктор экономических наук, доцент
ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет», заведующий
кафедрой бизнес-информатики

Ведущая организация: ФГУ «Федеральный исследовательский центр
«Информатика и управление» Российской академии наук»

Защита состоится 20 мая 2021 года в 15:00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.141.13 на базе Московского государственного технического университета имени Н.Э. Баумана по адресу: 105005, г. Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, ауд. 316.

Ваш отзыв на автореферат в двух экземплярах, заверенный печатью, просим выслать по адресу по адресу: 105005, г. Москва, 2-ая Бауманская ул., д. 5, стр. 1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МГТУ им. Н.Э. Баумана и на сайте www.bmstu.ru.

Автореферат разослан « ____ » _____ 2021 г.
Телефон для справок 8 (499) 267-17-83.

Ученый секретарь
диссертационного совета, к.э.н.



Н.А. Кашеварова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования определяется процессами цифровой трансформации экономики, принципиальное отличие которых от предшествовавших периодов автоматизации и информатизации состоит в масштабном преобразовании бизнес-моделей, организационных структур и способов взаимодействия субъектов экономических отношений. Эти процессы обуславливают появление новых цифровых продуктов, новых рынков, новых форм организации экономической деятельности – цифровых платформ и цифровых экосистем. В современных научных исследованиях в России и за рубежом эти феномены изучаются в рамках концепций цифровой экономики (digital economy), платформенной экономики (platform economy), экономики совместного потребления (sharing economy).

Цифровая трансформация приоритетных отраслей экономики и социальной сферы Российской Федерации осуществляется в рамках национальной программы «Цифровая экономика» на 2018 – 2024 годы. В состав программы включен федеральный проект «Цифровые технологии», предусматривающий поддержку отечественных компаний-разработчиков продуктов, сервисов и платформенных решений на базе «сквозных» цифровых технологий, создание комплексной системы финансирования проектов цифровой трансформации экономики и иные мероприятия. Для координации взаимодействия между бизнес-сообществом, научно-образовательными организациями и органами государственной власти при реализации этой национальной программы создано АНО «Цифровая экономика», учредителями которой стали Правительство РФ, Агентство стратегических инициатив, Сбербанк, Ростех, Росатом и ряд иных крупных государственных и частных компаний.

Проекты цифровой трансформации экономики отличаются существенной организационной сложностью, обусловленной участием широкого круга заинтересованных сторон – стейкхолдеров (stakeholders), использованием бизнес-моделей краудсорсинга (crowdsourcing), краудфандинга (crowdfunding), различных форм государственно-частных партнерств (public-private partnership). В связи с возникновением принципиально более сложных объектов исследования, существующие модели и методы принятия решений по управлению такими проектами оказываются недостаточно эффективными для практического применения. Декларируемые принципы гибкого (agile) управления не реализованы в инструментах и методиках, способных эффективно работать с неопределенностью в отношении ключевых параметров проектов цифровой трансформации. Актуальным неразрешенным вопросом является коллективный выбор (social choice) в условиях потенциального конфликта интересов стейкхолдеров, недостаточной формализации и структуризации целей и задач, неустойчивости решений и неполноты управленческой информации.

Разрешение указанных противоречий представляется возможным на основе концепции мягких вычислений (soft computing) и разработки инструментария для поддержки принятия групповых решений в экономических интересах широкого круга стейкхолдеров. Среди актуальных направлений применения мягких вычислений для решения экономических задач следует выделить нечеткую логику и искусственные нейронные сети, а также гибридные интеллектуальные системы, которые могут работать с нестрогими, неполными или искаженными экономическими данными.

Степень разработанности темы исследования. В современных научных трудах отечественных и зарубежных авторов имеются теоретические и методологические разработки, которые охватывают важные аспекты исследуемой области.

Научные основы нечеткой логики, искусственных нейронных сетей и иных направлений развития мягких вычислений, заложены в работах Л.А. Заде (L.A. Zadeh), Т. Кохонена (T. Kohonen), Э.Х. Мамдани (E.H. Mamdani), М. Сугено (M. Sugeno), Т. Такаги (T. Takagi) М.Л. Мински (M.L. Minsky), Р. Сана (R. Sun) и других зарубежных ученых. Отечественная научная школа в данной области представлена работами О.И. Ларичева, Д.М. Назарова, А.В. Колесникова, А.И. Орлова, Г.С. Осипова, Э.В. Попова, Д.А. Поспелова, А.С. Птускина, Е.А. Федоровой, В.М. Черненко и других.

Актуальные вопросы цифровизации экономики, формирования многосторонних цифровых платформ и экосистем в государственном и частном секторе исследовались в работах М.Н. Дудина, Г.Б. Клейнера, И.И. Смотрицкой, И.А. Соколова, В.А. Цветкова, Е.В. Устюжаниной, С.А. Яблонского, М. Армстронга (M. Armstrong), Д.С. Эванса (D.S. Evans), Г.Г. Паркера (G.G. Parker), Ж. Роше (J. Rochet). Проблемам цифровой трансформации промышленности, применению экономико-математических моделей и когнитивных технологий в наукоемком производстве посвящены работы Д.В. Александрова, А.Е. Бром, В.Д. Калачанова, И.Н. Омельченко, Т.Г. Садовской, Е.В. Соколова, С.Г. Фалько и других исследователей.

Теория и механизмы управления проектами разработаны в трудах В.Н. Буркова, Д.А. Новикова, А.В. Цветкова, Р. Тернера (R. Turner), К.В. Флеминга (Q.W. Fleming), методам оценки инвестиционных проектов посвящены работы Е.Р. Орловой, А.С. Саркисова, С.А. Смоляка, М.А. Халикова, современные передовые практики гибкого управления проектами систематизированы и обобщены в работах М. Кона (M. Cohn), Р. Коула (R. Cole), К. Швабера (K. Schwaber). Основы теории стейкхолдеров заложены в трудах Р.Э. Фримена (R.E. Freeman), исследованию проблем коллективного выбора посвящены труды К.Дж. Эрроу (K.J. Arrow). Актуальные направления развития теории игр и ее экономических приложений представлены в работах Ж. Тироля (J. Tirole), Д. Фьюденберга (D. Fudenberg).

Имеющийся в данных работах научный задел был использован при проведении диссертационного исследования.

Цель и задачи исследования. Целью диссертации является разработка инструментальных методов группового принятия решений, обеспечивающих гармонизацию интересов стейкхолдеров и повышение эффективности управления проектами цифровой трансформации экономики.

Для достижения поставленной решаются следующие основные задачи:

– анализ актуальной методологии и практики управления проектами цифровой трансформации экономики и обоснование перспектив применения мягких вычислений;

– формализация предметной области исследования и построение концептуальной схемы управления проектами цифровой трансформации экономики для описания основных сущностей и взаимосвязей между ними;

– обоснование подхода к разработке инструментария группового принятия решений по гибкому управлению проектами цифровой трансформации экономики;

- разработка метода гармонизации интересов стейкхолдеров проектов цифровой трансформации экономики для кооперативно-игрового моделирования взаимодействия заинтересованных сторон в проектах создания цифровых продуктов;
- разработка метода формирования инвестиционного портфеля проектов цифровой трансформации, удовлетворяющего заданным бюджетным ограничениям и условиям оптимальности с учетом экономических интересов стейкхолдеров;
- разработка метода кластерного анализа проектных рисков для выявления признаков проблемных ситуаций исходя из определения степени соответствия результатов разработки цифровых экономическим интересам стейкхолдеров;
- программная реализация и апробация прототипа гибридной рекомендательной системы для гибкого управления проектами цифровой трансформации.

Объектом исследования являются финансовые и нефинансовые корпорации, органы государственного управления и иные стейкхолдеры из институциональных секторов экономики, формирующие коалиции для осуществления проектов цифровой трансформации.

Предметом исследования являются процессы группового принятия решений по управлению проектами цифровой трансформации экономики в интересах коалиции институциональных стейкхолдеров.

Методология и методы исследования. Теоретическую и методологическую основу исследования составили общенаучные методы теории систем, дедукции, индукции, абстрагирования, формализации, а также специальные методы теории кооперативных игр, теории контрактов, теории полезности, теории измерений, теории принятия решений, теории стейкхолдеров, теории нечетких множеств, коллективного выбора управления проектами, экспертного оценивания, комбинаторной оптимизации, нейросетевой кластеризации, гибридных мягких вычислений.

Информационно-эмпирическую базу исследования составили действующие нормативные правовые акты, стандарты, статистические и аналитические отчеты, доклады и обзоры международных и национальных организаций в области цифровизации экономики, искусственного интеллекта и управления проектами.

Научная задача заключается в развитии научных концепций коллективного выбора и гибридных мягких вычислений и разработке на их основе инструментария группового принятия решений по управлению проектами цифровой трансформации экономики.

Соответствие паспорту научной специальности. Область исследования соответствует следующим пунктам паспорта специальности 08.00.13 – Математические и инструментальные методы экономики:

1.1. «Разработка и развитие математического аппарата анализа экономических систем: математической экономики, эконометрики, прикладной статистики, теории игр, оптимизации, теории принятия решений, дискретной математики и других методов, используемых в экономико-математическом моделировании»;

2.3. «Разработка систем поддержки принятия решений для рационализации организационных структур и оптимизации управления экономикой на всех уровнях»;

2.8. «Развитие методов и средств аккумуляции знаний о развитии экономической системы и использование искусственного интеллекта при выработке управленческих решений».

Научная новизна заключается в том, что с учетом актуальной специфики цифровизации экономики разработан инструментарий группового принятия решений, отличающийся учетом и согласованием экономических интересов институциональных стейкхолдеров из государственного и предпринимательского сектора при решении задач формирования и многокритериальной оптимизации инвестиционного портфеля проектов цифровой трансформации, анализа проектных рисков и мониторинга процессов создания цифровых продуктов.

Основные научные результаты, полученные в ходе исследования лично автором и выносимые на защиту, заключаются в следующем:

1. Предложен формализованный понятийный аппарат в области гибкого управления проектами цифровой трансформации экономики, отличающийся учетом специфики итеративно-инкрементальных процессов создания цифровых продуктов в экономических интересах большой коалиции стейкхолдеров, что позволяет ввести общую терминологическую базу для разработки и последующего применения инструментов поддержки принятия решений.

2. Обоснован научно-методический подход к групповому принятию решений по управлению проектами цифровой трансформации экономики, отличающийся гибридным применением кооперативно-игрового моделирования, нечеткой логики, комбинаторных и нейросетевых мягких вычислений, что позволяет получить эффективную комбинацию инструментальных методов различных классов для решения специфических экономических задач на разных уровнях управления.

3. Разработан инструментальный метод гармонизации экономических интересов стейкхолдеров проектов цифровой трансформации, отличающийся постановкой и решением кооперативной игры участников государственно-частного партнерства исходя из экономических показателей общественной и коммерческой эффективности реализуемых проектов, что позволяет обосновать параметры коалиционного взаимодействия заинтересованных сторон.

4. Разработан инструментальный метод формирования инвестиционного портфеля проектов цифровой трансформации экономики, отличающийся нечеткими модификациями процедур экспертного оценивания и алгоритмов многокритериальной комбинаторной оптимизации, что обеспечивает оценку приоритетности и отбор проектных заявок на разработки цифровых продуктов с учетом бюджетных ограничений и экономических интересов стейкхолдеров.

5. Разработан инструментальный метод кластерного анализа проектных рисков цифровой трансформации, отличающийся тем, что в дополнение к традиционным экономическим индикаторам освоенного объема вводится нечеткий показатель результативности для оценки соответствия инкремента цифрового продукта экономическим интересам стейкхолдеров, и по полученному комплексу показателей осуществляется кластеризация проектов на нейросетевых картах рисков, что обеспечивает мониторинг процессов цифровизации заинтересованными сторонами.

Теоретическая значимость диссертационного исследования заключается в развитии научных концепций коллективного выбора и гибридных мягких вычислений применительно к решению экономических задач гармонизации интересов стейкхолдеров и группового принятия решений по гибкому управлению проектами цифровой трансформации.

Практическая ценность диссертационной работы состоит в разработке, программной реализации и апробации в практической деятельности прототипа гибридной рекомендательной системы для поддержки принятия экономически обоснованных решений по гибкому управлению проектами цифровой трансформации.

Обоснованность и достоверность научных положений и выводов диссертации обеспечивается корректным выбором исходных данных, основных допущений и ограничений при постановке научной задачи, использованием системного подхода и современного апробированного экономико-математического аппарата и инструментальных средств при ее решении и подтверждается достаточной сходимостью полученных результатов с практикой принятия решений по управлению процессами цифровой трансформации экономики, а также положительными результатами внедрения основных научных результатов в практической деятельности.

Апробация результатов исследования. Основные положения и выводы диссертации доложены и получили положительную оценку на международных и всероссийских научно-практических конференциях «X Чарновские чтения» (Москва, 2020), «Управление научно-техническими проектами (Москва, 2020), «XLIV Академические чтения по космонавтике» (Москва, 2020), «IX Чарновские чтения» (Москва, 2019), «Будущее машиностроения России (Москва, 2019), «XX Международная научно-техническая конференция «Нейроинформатика-2018» (Москва, 2018).

Основные положения и результаты диссертации использованы в учебном процессе на кафедре «Предпринимательство и внешнеэкономическая деятельность» МГТУ им. Н.Э. Баумана, и реализованы в ФГУП «ВНИИ «Центр», что подтверждается соответствующими актами.

Результаты диссертационного исследования использованы при выполнении составной части НИР шифр «Алгоритм-ЦМ-МГТУ» (М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2020. Заказчик – ФГУП «ВНИИ «Центр», договор № Ц-195/20-21 от 27.02.2020 г.).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 13 научных работ общим объемом 8,65 п.л. (авторский вклад – 6,1 п.л.), из них 2 статьи общим объемом 1,25 п.л. (авторский вклад – 0,33 п.л.) в изданиях, индексируемых в международной базе цитирования Scopus, и 6 статей общим объемом 5,21 п.л. (авторский вклад – 4,24 п.л.) в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России, в том числе 4 статьи общим объемом 4,5 п.л. (авторский вклад – 3,7 п.л.) по научной специальности 08.00.13.

Структура и содержание работы. Диссертация изложена на 199 страницах и состоит из введения, трех глав, с выводами по каждой из них, общих выводов по диссертационной работе, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы из 318 наименований и трех приложений, содержит 23 таблицы и 22 рисунка.

Рисунок 1 представляет логическую структуру диссертационного исследования, разработанную в соответствии с системным подходом для решения поставленных задач.

Во введении отражена актуальность диссертационной работы, определены цель и задачи исследования, изложены научная новизна, теоретическая значимость и практическая ценность, приведены основные научные результаты, выносимые на защиту, а также сведения о реализации и публикациях полученных результатов.

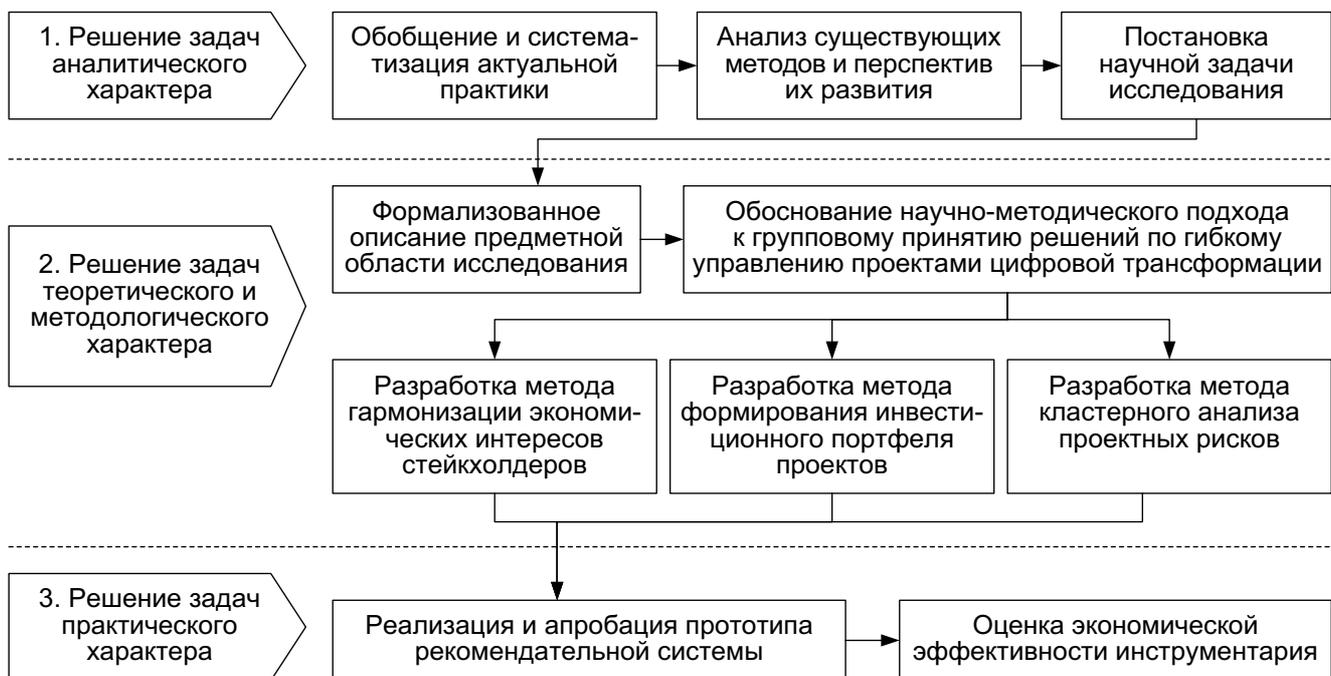


Рисунок 1 – Логическая структура диссертационного исследования

В первой главе решены задачи аналитического характера, которые сводятся к анализу современного состояния объекта и предмета диссертационного исследования, изучению специфики процессов цифровой трансформации экономики, выявлению проблем и ограничений существующего научно-методического обеспечения.

Во второй главе решены задачи теоретического и методологического характера по формализации предметной области исследования, обоснованию научно-методического подхода к созданию инструментария группового принятия решений и разработке системообразующих инструментальных методов на основе научных концепций коллективного выбора и гибридных мягких вычислений.

В третьей главе решены задачи практического характера по разработке, программной реализации, апробации и оценке экономической эффективности прототипа гибридной интеллектуальной системы для поддержки принятия решений по гибкому управлению проектами цифровой трансформации экономики.

В заключении представлены основные результаты и общие выводы по диссертационной работе, определены пути их эффективной реализации и направления дальнейших исследований по проблематике диссертации

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ

1. Формализованный понятийный аппарат в области гибкого управления проектами цифровой трансформации экономики

Исходя из результатов выполненного анализа актуальной практики цифровизации экономики, установлено, что для управления проектами цифровой трансформации преимущественно используется гибкая (agile) модель. Ее принципиальные отличия от традиционной каскадной (waterfall) модели управления проектами состоят в том, что (см Рисунок 2): разработка цифрового продукта сводится к серии коротких итераций – спринтов (sprints); в результате каждого спринта создается

версия с нарастающей функциональностью – инкремент продукта (product increment); стейкхолдеры проекта имеют возможность оценки каждого инкремента продукта с позиций уровня удовлетворения своих экономических интересов.

Формализованное описание основных понятий в исследуемой предметной области и взаимосвязей между ними выполнено с использованием способа построения концептуальной схемы «сущность-связь» (entity-relationship) в графической нотации crow's foot (см. Рисунок 3).

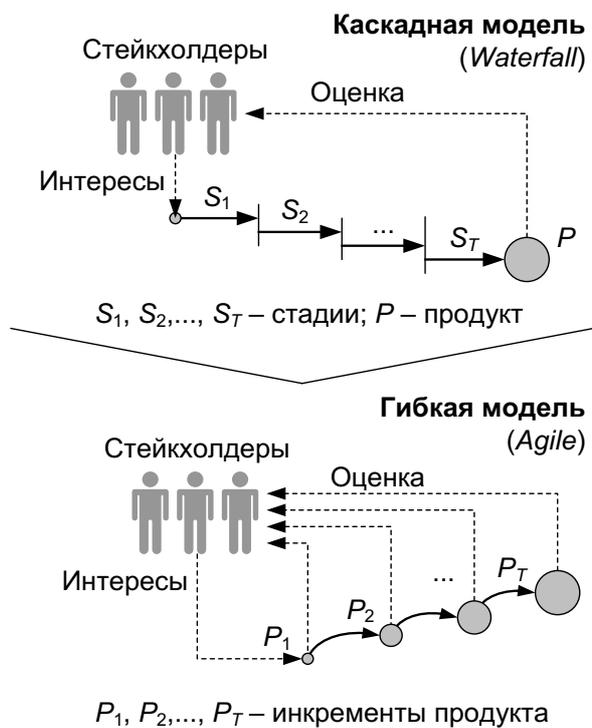


Рисунок 2 – Отличия каскадной и гибкой моделей управления проектами



Рисунок 3 – Основные понятия исследуемой предметной области и взаимосвязи между ними

Множество разрабатываемых цифровых продуктов определяется как портфель проектов цифровой трансформации (digital transformation project portfolio). Под цифровой трансформацией экономики в диссертации понимается итеративно-инкрементальная реализация портфеля проектов разработки цифровых продуктов в экономических интересах большой коалиции стейкхолдеров.

Стейкхолдеры (stakeholders) исследуются в диссертации как институциональные единицы экономики, имеющие определенные интересы в отношении проектов цифровой трансформации. Под экономическими интересами (interests) стейкхолдеров в диссертации понимают их индивидуальные цели, требования, пожелания, в отношении результатов реализации портфеля проектов цифровой трансформации. Интересы имеют слабо формализованный характер и различную степень согласованности – полностью или частично совпадают либо являются конфликтующими.

В работе вводится понятие гармонизации экономических интересов стейкхолдеров как формализованной процедуры разрешения противоречий между заинтересованными сторонами, обеспечивающей их коалиционное взаимодействие.

Для описания конкретных должностных лиц, принимающих решения или влияющих на принятие решений при разработке цифровых продуктов, в диссертации вводится понятие агента стейкхолдера (stakeholder agent) как лица, представляющего его интересы. Под экономическим ожиданием (expectation) понимается субъективная оценка полезности инкремента продукта для удовлетворения экономических интересов стейкхолдеров, которая формализуется в диссертации посредством лингвистических переменных и интервальных оценочных шкал. Принимается, что такая оценка осуществляется агентами стейкхолдеров при формировании инвестиционного портфеля проектов цифровой трансформации на очередной плановый период, а затем – регулярно по окончании каждого спринта разработки.

В соответствии с изложенными понятиями, вводятся следующие обозначения, допущения и ограничения при решении научной задачи диссертации:

$i = \overline{1, N}$ – множество критериев полезности ожидаемых результатов проектов цифровой трансформации, оцениваемых с позиций удовлетворения экономических интересов стейкхолдеров;

$j = \overline{1, M}$ – множество проектов разработки цифровых продуктов. Принимается, что по каждому проекту известен бюджет b_j ;

$s = \overline{1, S}$ – множество стейкхолдеров. В рамках диссертации рассматриваются публичный партнер из сектора государственного управления ($s = 1$), частный партнер ($s = 2$) и потенциальные пользователи цифровых продуктов и услуг ($s = 3$);

$k = \overline{1, K}$ – множество агентов стейкхолдеров, осуществляющих экспертную оценку проектов разработки и инкрементов продуктов исходя из критериев полезности. Принимается, что каждый стейкхолдер представлен одинаковым числом агентов

$t = \overline{1, T}$ – множество спринтов разработки цифрового продукта. Принимается, что спринты имеют одинаковую продолжительность для всех продуктов в портфеле.

Научная новизна. Исходя результатов анализа актуальной практики цифровизации экономики разработана концептуальная схема «сущность-связь» и дано формализованное описание итеративно-инкрементальных процессов создания цифровых продуктов в экономических интересах большой коалиции стейкхолдеров. Введено понятие гармонизации экономических интересов стейкхолдеров как формализованной процедуры разрешения противоречий между заинтересованными сторонами, обеспечивающей их коалиционное взаимодействие.

2. Научно-методический подход к групповому принятию решений по управлению проектами цифровой трансформации экономики

В соответствии с поставленной научной задачей, в диссертации предложен и обоснован научно-методический подход к ее решению, суть которого состоит в гибридизация инструментальных методов различных классов (см. Рисунок 4):

– метод гармонизации экономических интересов стейкхолдеров (M1) на стратегическом уровне предназначен для поиска компромисса и обоснования параметров эффективного коалиционного взаимодействия между заинтересованными сторонами при формировании программы цифровой трансформации на срок 5 лет и более. Разрабатывается на основе кооперативно-игровых моделей;

– метод формирования инвестиционного портфеля проектов цифровой трансформации (M2) на тактическом уровне позволяет выполнить многокритериальную оценку и отбор проектных заявок на очередной плановый период – год, в рамках заданных бюджетных ограничений, с учетом экономических интересов стейкхолдеров и оцениваемых их агентами критериев полезности проектов. Разрабатывается на основе комбинации нечетко-множественных моделей, методов комбинаторной оптимизации, экспертного оценивания и коллективного выбора;

– метод кластерного анализа проектных рисков цифровой трансформации (M3) на оперативном уровне принятия решений обеспечивает мониторинг портфеля цифровых продуктов на ежемесячной, еженедельной и ежедневной основе на соответствие стоимости, срокам и экономическим ожиданиям агентов стейкхолдеров. Разрабатывается на основе комбинации нечетко-множественных моделей, методов освоенного объема и самоорганизующихся нейросетевых карт.

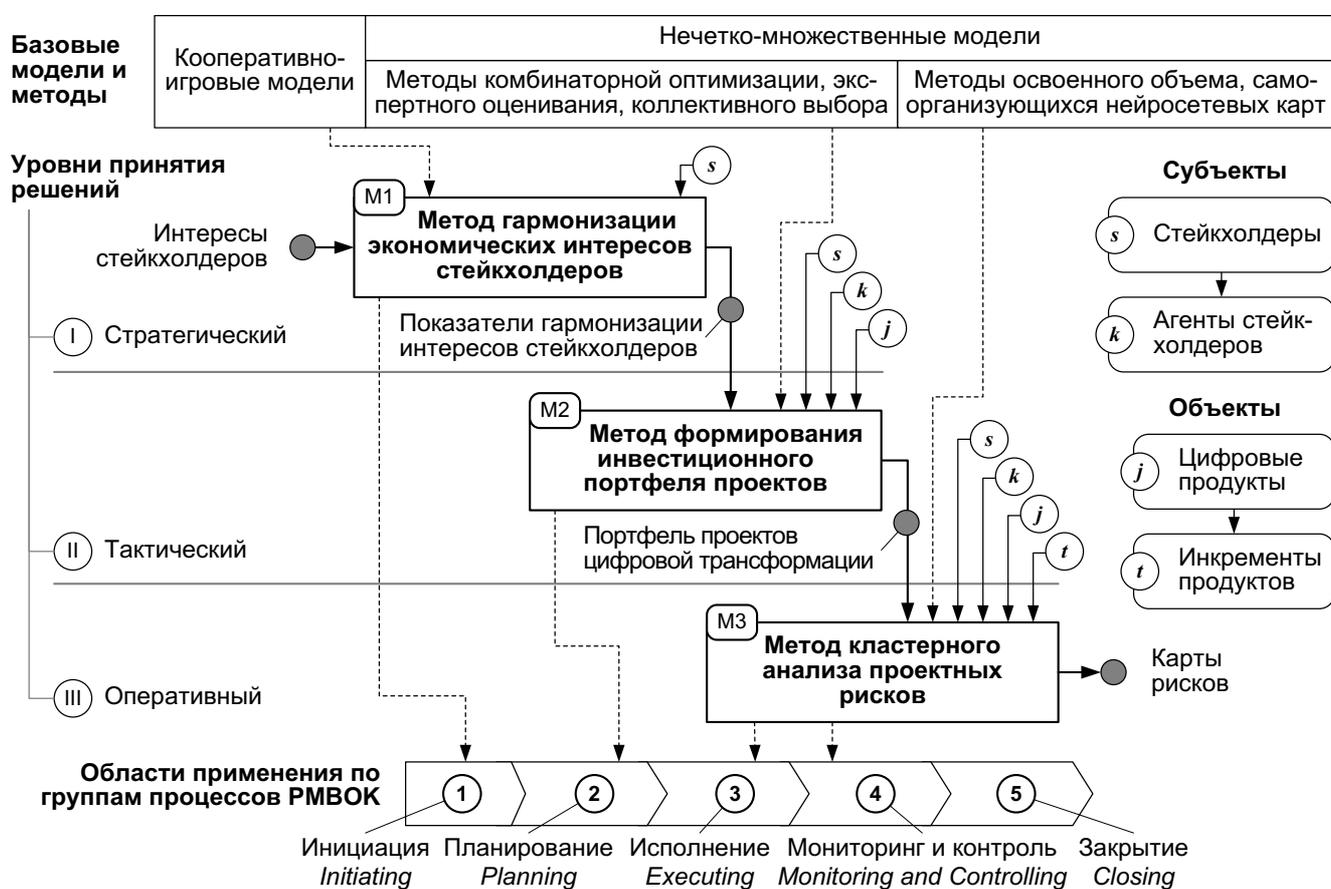


Рисунок 4 – Структурная схема научно-методического подхода к групповому принятию решений по управлению проектами цифровой трансформации экономики

Научная новизна. Обоснован научно-методический подход к групповому принятию решений по управлению проектами цифровой трансформации экономики, сущность и отличие которого заключается в гибридизации методов различных классов применительно к решению задач комплексного учета и согласования экономических интересов стейкхолдеров по стадиям осуществления проектов разработки цифровых продуктов. Это позволяет получить комбинацию преимуществ отдельных инструментальных методов при решении специфических экономических задач.

3. Метод гармонизации экономических интересов стейкхолдеров проектов цифровой трансформации

Задача гармонизации экономических интересов стейкхолдеров ставится в диссертации применительно к обоснованию параметров коалиционного взаимодействия участников государственно-частного партнерства и сводится к кооперативной игре с трансферабельными полезностями («задаче о джаз-оркестре»). Такая теоретико-игровая модель предполагает действия нескольких субъектов экономики («игроков») для достижения общей цели и осуществление справедливого распределения («дележа») полученного совместного продукта («выигрыша»). Игроками являются институциональные стейкхолдеры: публичный партнер (1), частный партнер (2) и потенциальный пользователь цифровых продуктов (3).

Решение осуществляется в соответствии с блок-схемой (см. Рисунок 5), применяется метод геометрического построения (см. Рисунок 6).

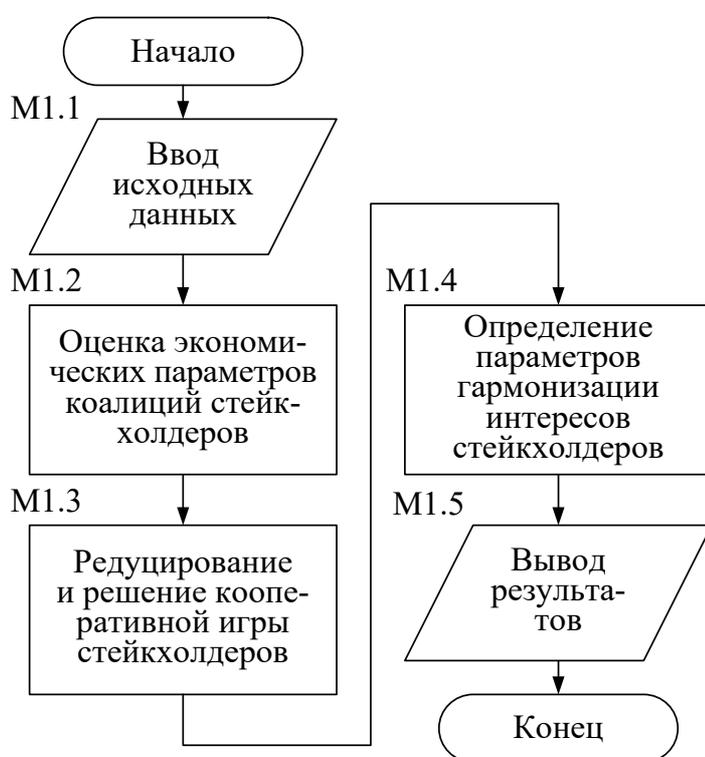


Рисунок 5 – Блок-схема метода гармонизации интересов стейкхолдеров (М1)

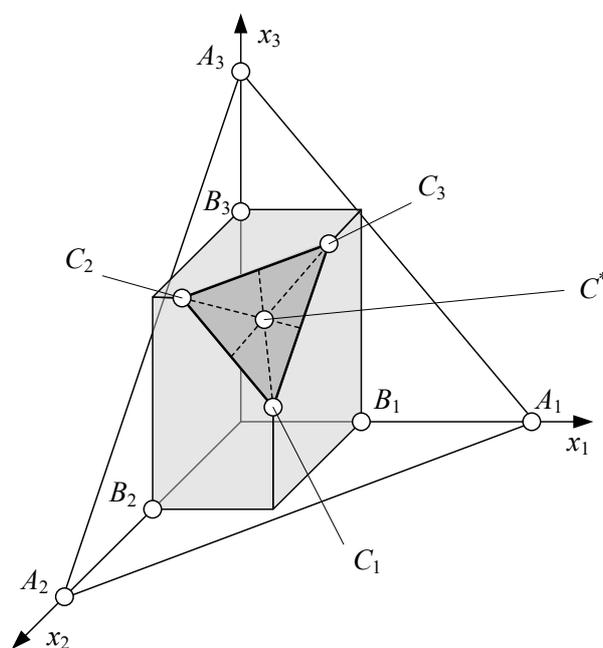


Рисунок 6 – Поиск ядра в кооперативной игре трех субъектов методом геометрического построения

В блоке М1.1 вводятся оценки экономических интересов стейкхолдеров в форме показателей чистой приведенной стоимости (Net Present Value, NPV):

$$V_1 = \sum_{t=0}^T \frac{BF_t}{(1 + BDR)^t}; \quad V_2 = \sum_{t=0}^T \frac{FCFE_t}{(1 + COE)^t}; \quad V_3 = \sum_{t=0}^T \frac{E_t}{(1 + SDR)^t} \quad (1)$$

где V_1 – бюджетная эффективность для публичного партнера;

V_2 – коммерческая эффективность участия в проекте для частного партнера;

V_3 – эффективность для потенциального пользователя цифровых продуктов;

BF_t – поток бюджетных средств (Budgetary Flow);

BDR – бюджетная норма дисконтирования (Budgetary Discount Rate);

$FCFE_t$ – чистый денежный поток (Free Cash Flow To Equity);

COE – коммерческая норма дисконтирования (Cost of Equity);

E_t – внешние эффекты (Externalities);

SDR – социальная (общественная) норма дисконтирования (Social Discount Rate).

Показатели в формуле (1) определяются в соответствии с положениями Методических рекомендаций по оценке эффективности инвестиционных проектов (В.В. Коссов, В.Н. Лившиц, А.Г. Шахназаров [и др.]. М.: Экономика, 2000).

В блоке М1.2 задается множество игроков N (большая коалиция – grand coalition) и характеристическая функция v , сопоставляющей каждому подмножеству игроков S (коалиции – coalition) выигрыш $v(S) \in \mathbb{R}$:

$$v : S \rightarrow v(S) \in \mathbb{R}, \quad S \subseteq N = \{1, 2, \dots, n\}, \quad S \neq \emptyset, \quad (2)$$

где N – множество игроков с количеством $n = |N|$;

$S \subseteq N$ – возможные коалиции игроков;

$v(S) \in \mathbb{R}$ – выигрыш коалиции S в виде совместного продукта, который может быть разделен между игроками любым способом.

Рассматриваются супераддитивные (superadditive) игры:

$$v(S) + v(Q) \leq v(S \cup Q), \quad \forall S, Q \subset N, \quad S \cap Q = \emptyset. \quad (3)$$

Задается большая коалиция $N = \{1, 2, 3\}$ и выигрыши как функции от (1):

– $v(1), v(2), v(3)$ – индивидуальные выигрыши стейкхолдеров, $v(3) = 0$;

– $v(12), v(23), v(13)$ – локальные выигрыши парных коалиций;

– $v(123)$ – глобальный выигрыш большой коалиции стейкхолдеров.

В блоке М1.3 выполняется редуцирование и решение кооперативной игры. В общем случае решение игры (2) осуществляется путем поиска:

– ядра (core) как множества рациональных дележей:

$$C(v) = \left\{ x \in \mathbb{R}^N : \sum_{i \in N} x_i = v(N); \sum_{i \in S} x_i \geq v(S), \forall S \subseteq N \right\}, \quad (4)$$

где x_i – платеж в адрес i -го игрока;

– вектора Шепли (Shapley value) как единственного рационального дележа, при котором каждый i -ый игрок получает платеж, соответствующий математическому ожиданию его вклада в большую коалицию при ее формировании в случайном порядке:

$$\varphi_i(v) = \sum_{S \subseteq N \setminus \{i\}} \frac{s!(n-s-1)!}{n!} (v(S \cup \{i\}) - v(S)), \quad (5)$$

где N – множество игроков с количеством $n = |N|$;

$S \subseteq N \setminus \{i\}$ – возможные коалиции S без участия i -го игрока;

$(v(S \cup \{i\}) - v(S))$ – вклад i -го игрока в формирование коалиции S .

Выполняется переход к эквивалентной игре (0-1) и рассматриваются сбалансированные игры по критерию Бондаревой-Шепли, имеющие непустое ядро $C(v)$:

$$v(1) = v(2) = v(3) = 0, \quad v(123) = 1, \quad v(12) + v(23) + v(13) \leq 2. \quad (6)$$

Тогда задача поиска ядра (4) сводится к нахождению вектора $x = (x_1, x_2, x_3) \in \mathbb{R}^3$ и записывается в виде системы линейных неравенств:

$$\begin{cases} x_1 + x_2 + x_3 = 1 \\ 0 \leq x_1 \leq 1 - v(23) \\ 0 \leq x_2 \leq 1 - v(13) \\ 0 \leq x_3 \leq 1 - v(12) \\ v(12) + v(23) + v(13) \leq 2 \end{cases}. \quad (7)$$

Решение полученной системы линейных неравенств (7) осуществляется способом геометрического построения области ядра $C(v)$ (см. Рисунок 6). Для выбора единственного варианта дележа из ядра $C(v)$ находится точка C^* с координатами $(x_1^*; x_2^*; x_3^*)$ как центр тяжести равностороннего треугольника $C_1C_2C_3$ (центроид ядра). Соответствующий вектор дележа $x^* \in \mathbb{R}^3$ определяет «справедливый» компромисс интересов игроков внутри ядра и определяется по формуле (8).

Вектор Шепли (5) в рассматриваемой игре трех субъектов с трансферабельными полезностями в (0-1)-редуцированной форме сводится к формуле (9).

$$\begin{aligned} x_1^* &= \frac{1}{3} + \frac{v(12) + v(13) - 2v(23)}{3}; & x_1^* &= \frac{1}{3} + \frac{v(12) + v(13) - 2v(23)}{6}; \\ x_2^* &= \frac{1}{3} + \frac{v(23) + v(12) - 2v(13)}{3}; & x_2^* &= \frac{1}{3} + \frac{v(23) + v(12) - 2v(13)}{6}; & (8) & & (9) \\ x_3^* &= \frac{1}{3} + \frac{v(23) + v(13) - 2v(12)}{3}. & x_3^* &= \frac{1}{3} + \frac{v(23) + v(13) - 2v(12)}{6}. \end{aligned}$$

Определение параметров гармонизации интересов стейкхолдеров (блок М1.4) сводится к выбору коэффициентов $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ по результатам расчета (8) или (9):

$$\alpha_1 = x_1^*; \quad \alpha_2 = x_2^*; \quad \alpha_3 = x_3^*; \quad \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 = 1. \quad (10)$$

Для оценки проектов цифровой трансформации в государственном секторе экономики следует использовать способ (8), реализующий принцип эгалитаризма, а для проектов в предпринимательском секторе – способ (9), следующий принципу утилитаризма. Вывод результатов расчетов $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ выполняется в блоке М1.5.

Научная новизна. Метод отличается постановкой кооперативной игры с трансферабельными полезностями и ее решением в (0-1)-редуцированной форме с поиском центроида ядра и вектора Шепли. Метод позволяет найти количественные значения параметров коалиционного взаимодействия заинтересованных сторон – участников государственно-частного партнерства исходя из экономических показателей общественной и коммерческой эффективности реализуемых проектов.

4. Метод формирования инвестиционного портфеля проектов цифровой трансформации

Метод предназначен для определения приоритетности проектов разработки цифровых продуктов исходя из комплексной оценки полезности их результатов для стейкхолдеров и выбора некоторого упорядоченного подмножества проектов для включения в инвестиционный портфель и реализации в плановом периоде с учетом бюджетных ограничений. Для решения этих задач в диссертации разработаны (см. Рисунок 7) нечеткие модификации методов экспертного оценивания блоках М2.2 – М2.8 для формализации экономических ожиданий агентов стейкхолдеров и оценки приоритетов проектов по результатам экспертного опроса; с последующей комбинаторной оптимизацией с поиском решения в форме булева вектора («задача о рюкзаке 0-1») в блоках М2.10 – М2.12 для отбора проектов в портфель.

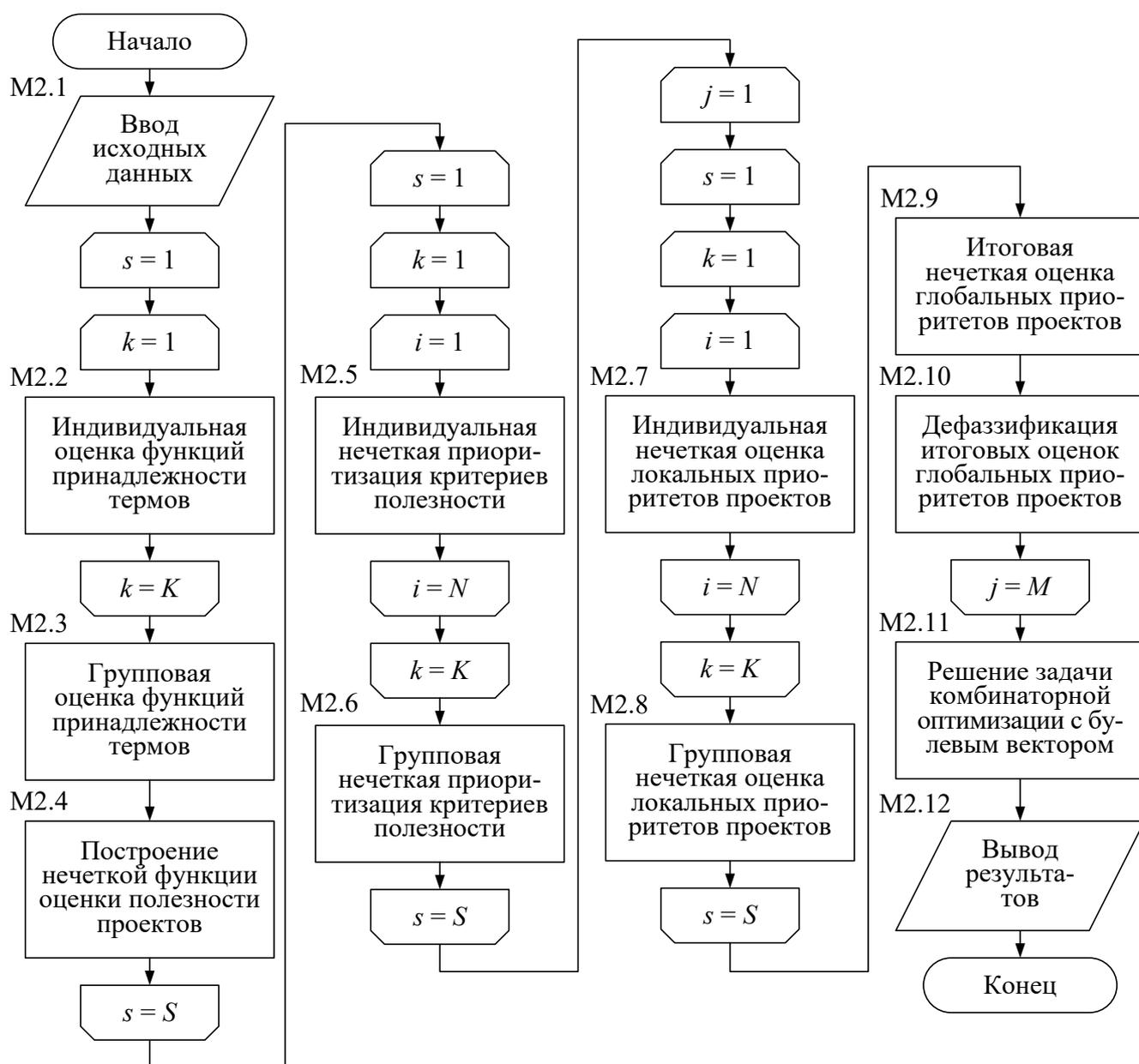


Рисунок 7 – Блок-схема метода формирования инвестиционного портфеля проектов цифровой трансформации (М2)

В блоке М2.1 вводятся исходные данные, включая коэффициенты гармонизации интересов стейкхолдеров $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$, полученные ранее в результате решения кооперативной игры (10);

В блоке М2.2 агенты стейкхолдеров дают индивидуальные оценки функций принадлежности термов лингвистической переменной $L = \langle \text{«полезность проекта»} \rangle$:

$$T = \{ \langle \text{«очень низкая»}, \langle \text{«низкая»}, \langle \text{«существенная»}, \langle \text{«высокая»}, \langle \text{«очень высокая»} \rangle \}. \quad (11)$$

Каждый терм в множестве T формализуется нечетким треугольным числом $\tilde{L}_\tau, \tau = \overline{1,5}$ и задается функцией принадлежности класса t . Оценка проводится в несколько раундов (r) до получения согласованных результатов. Агенты указывают нечеткие треугольные числа в интервале от 0 до 10:

$$\tilde{L}_{\tau r}^{(k)} = [a_{\tau r}^{(k)}; b_{\tau r}^{(k)}; c_{\tau r}^{(k)}], \quad (12)$$

где $a_{\tau r}^{(k)}; b_{\tau r}^{(k)}; c_{\tau r}^{(k)}$ – четкие числа, определяющие левую границу, наиболее вероятное значение и правую границу τ -го терма по мнению k -го агента, $k = \overline{1, K}$, в r -ом раунде оценки. Для компактности изложения индекс s при переменных в последующих формулах опущен.

В блоке М2.2 рассчитываются средние нечеткие треугольные числа по всем K агентам и отклонения их левых и правых границ для каждого k -го агента:

$$\tilde{L}_{\tau r}^{(\text{avg})} = [a_{\tau r}^{(\text{avg})}; b_{\tau r}^{(\text{avg})}; c_{\tau r}^{(\text{avg})}] = \left[\frac{1}{K} \sum_{k=1}^K a_{\tau r}^{(k)}; \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K b_{\tau r}^{(k)}; \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K c_{\tau r}^{(k)} \right]; \quad (13)$$

$$\Delta a_{\tau r}^{(k)} = a_{\tau r}^{(\text{avg})} - a_{\tau r}^{(k)}; \quad \Delta c_{\tau r}^{(k)} = c_{\tau r}^{(\text{avg})} - c_{\tau r}^{(k)}.$$

Исходя из усредненной оценки $\tilde{L}_{\tau r}^{(\text{avg})}$ и отклонений $\Delta a_{\tau r}^{(k)}, \Delta c_{\tau r}^{(k)}$ агенты корректируют свои оценки в следующем раунде.

В блоке М2.4 агрегируются нечеткие оценки $\tilde{L}_{\tau R}^{(k)}, \tau = \overline{1,5}$, полученные в финальном раунде ($r = R$) в отношении функций принадлежности термов лингвистической переменной L , с учетом весомости мнений (компетентности агентов) λ_k :

$$\mu_{\tilde{L}}(x) = \bigcup_{\tau=1}^5 \sum_{k=1}^K \lambda_k \frac{\tilde{L}_{\tau R}^{(k)}}{10}. \quad (14)$$

В блоке М2.5 выполняется индивидуальная нечеткая приоритизация критериев полезности ожидаемых эффектов цифровой трансформации u_i , посредством анкетирования агентов и составления матриц парных лингвистических сравнений с использованием пятиточечной шкалы Ликерта (Likert scale). Определяются нечеткие треугольные числа $\tilde{\omega}_{il}^{(k)}$, формализующие лингвистические оценки значимости (важности) i -ого критерия по сравнению l -ым критерием, $i = \overline{1, N}, l = \overline{1, N}$.

В блоке М2.6 выполняется групповая нечеткая приоритизация критериев полезности путем вычисления нормализованных средних геометрических значений нечетких треугольных чисел $\tilde{\omega}_{il}^{(k)}$:

$$\tilde{\omega}_i = \frac{\tilde{\omega}_i^{(\text{gm})}}{\tilde{\omega}^{(\text{sum})}}; \quad \tilde{\omega}_i^{(\text{gm})} = \sqrt[N]{\prod_{l=1}^N \left(\frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \tilde{\omega}_{il}^{(k)} \right)}; \quad \tilde{\omega}^{(\text{sum})} = \sum_{i=1}^N \tilde{\omega}_i^{(\text{gm})}. \quad (15)$$

Процедуры в блоках М2.5 и М2.6 служат для настройки приоритетов критериев, осуществляются однократно и повторяются при изменении их состава.

В блоке М2.7 выполняется индивидуальная нечеткая оценка локальных приоритетов посредством анкетирования агентов и определения их лингвистических оценок каждого j -го проекта по каждому i -му критерию полезности с использованием терм-множества T , заданного выражением (11). Затем с использованием нечеткой функции $\mu_L(x)$ по формуле (14) определяются нечеткие треугольные числа $\tilde{h}_{ij}^{(k)}$.

В блоке М2.8 выполняется групповая нечеткая оценка локальных приоритетов проектов путем аддитивной свертки индивидуальных оценок $\tilde{h}_{ij}^{(k)}$ с весами λ_k :

$$\tilde{h}_{ij} = \sum_{k=1}^K \lambda_k \tilde{h}_{ij}^{(k)}, \quad (16)$$

Расчеты в блоках М2.2 – М2.8 повторяются для каждого s -го стейкхолдера, $s = \overline{1,3}$. Полученные нечеткие треугольные числа $\tilde{\omega}_i^{(s)}$ и $\tilde{h}_{ij}^{(s)}$ используются для определения нечетких оценок полезности j -го проекта:

$$\tilde{u}_j^{(s)} = \sum_{i=1}^N \tilde{\omega}_i^{(s)} \tilde{h}_{ij}^{(s)}, \quad (17)$$

где $\tilde{h}_{ij}^{(s)}$ – нечеткий локальный приоритет j -го проекта по i -му критерию полезности с позиций s -го стейкхолдера по формуле (16);

$\tilde{\omega}_i^{(s)}$ – нечеткий приоритет i -го критерия полезности с позиций s -го стейкхолдера по формуле (15).

В блоке М2.9 осуществляется итоговая нечеткая оценка глобальных приоритетов проектов путем расчета показателей нечеткой комплексной оценки полезности каждого j -го проекта \tilde{u}_j как аддитивной свертки нечетких оценок полезности $\tilde{u}_j^{(s)}$ со стороны стейкхолдеров – публичного партнера ($s = 1$), частного партнера ($s = 2$) и потенциальных пользователей цифровых продуктов ($s = 3$) с использованием коэффициентов гармонизации интересов стейкхолдеров $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$, (10):

$$\tilde{u}_j = \alpha_1 \tilde{u}_j^{(1)} + \alpha_2 \tilde{u}_j^{(2)} + \alpha_3 \tilde{u}_j^{(3)}. \quad (18)$$

В блоках М2.10 – М2.12 решается задача комбинаторной оптимизации:

$$x^* = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_j^*, \dots, x_M^*) = \operatorname{argmax}_{X \in B^M} \sum_{j=1}^M \tilde{u}_j x_j; \quad x_j \in \{0,1\}; \quad \sum_{j=1}^M b_j x_j \leq B, \quad (19)$$

где $x = (x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_M)$ – булев вектор длиной M , задающий вариант формирования портфеля проектов;

$x_j \in \{0,1\}$ – булева переменная, принимающая значения $x_j = 1$, если j -ый проект включается и $x_j = 0$, если j -ый проект не включается в портфель;

B^M – множество всех булевых векторов X (булево пространство размерности M), задающее все возможные варианты формирования портфеля;

$x^* = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_j^*, \dots, x_M^*)$ – искомый булев вектор, определяющий подмножество проектов, включаемых в портфель;

\tilde{u}_j – нечеткая комплексная оценка полезности j -го проекта по формуле (18);

b_j – бюджет j -го проекта;

B – бюджетное ограничение на портфель проектов.

Формирование портфеля проектов сводится к поиску булевого вектора $x^* = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_j^*, \dots, x_M^*)$, который разбивает исходное множество проектов на два подмножества: включаемых и не включаемых в портфель.

В блоке М2.10 выполняется дефазификация показателей комплексной оценки \tilde{u}_j с использованием значения математического ожидания:

$$u_j = M(\tilde{u}_j) = \frac{1}{4}(a_j + 2b_j + c_j), \quad (20)$$

где b_j – модальное значение нечеткого треугольного числа \tilde{u}_j ;

a_j, c_j – верхняя и нижняя границы нечеткого треугольного числа \tilde{u}_j .

Задача в нечеткой постановке (19) приводится к детерминированному эквиваленту:

$$\sum_{j=1}^M u_j x_j \rightarrow \max; \quad x_j \in \{0,1\}; \quad \sum_{j=1}^M b_j x_j \leq B, \quad (21)$$

где u_j – четкая комплексная оценка полезности j -го проекта по формуле (20).

В блоке М2.11 решается задача комбинаторной оптимизации по методу динамического программирования, посредством алгоритма с рекуррентными формулами с итерацией по $0 \leq j \leq M$ и по $0 \leq b \leq B$:

$$U_{0,j} = \begin{cases} \max(U_{b,j-1}, U_{b-b_j,j-1} + u_j); & b_j \leq b \\ U_{b,j-1}; & b_j > b \end{cases}, \quad (22)$$

где $U_{b,j}$ – максимальная суммарная полезность первых j проектов при бюджете не более b , при стартовых условиях $U_{0,j} = 0$; $U_{b,0} = 0$.

В блоке М2.12 осуществляется вывод результатов расчетов. Вычисления по формуле (22) позволяют найти булев вектор $x^* = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_j^*, \dots, x_M^*)$, определяющий, какие проекты отбираются в портфель ($x_j^* = 1$) на плановый период.

Научная новизна. Метод отличается комплексированием нечетких модификаций методов экспертного оценивания и многокритериальной комбинаторной оптимизации с поиском решения в форме булева вектора посредством рекуррентного алгоритма. Метод позволяет найти вариант формирования инвестиционного портфеля проектов цифровой трансформации, который удовлетворяет заданным бюджетным ограничениям и условиям оптимальности в контексте ожиданий агентов стейкхолдеров.

5. Метод кластерного анализа проектных рисков цифровой трансформации

Метод предназначен для группового контроля реализации портфеля проектов цифровой трансформации и упреждающего выявления признаков проблемных ситуаций. В дополнение к традиционным показателям освоенного объема введен нечеткий показатель полезности как оценка соответствия инкремента продукта ожиданиям агентов стейкхолдеров по окончании очередного спринта. Для решения этих задач в диссертации разработаны (см. Рисунок 8) нечеткие модификации методов экспертного оценивания в блоках М3.4 – М3.6 для оценки инкрементов продуктов агентами стейкхолдеров; освоенного объема (Earned Value Technique, EVT) в блоках М3.7, М3.8 для расчета отклонений показателей состояния разработки цифровых продуктов от плановых величин, а также модифицированный метод построения самоорганизующихся нейросетевых карт (Self-Organizing Maps, SOM) в блоках М3.9, М3.10 для кластеризации проектных рисков.

В блоках М3.1, М3.2 и М3.3 вводятся исходные данные и показатели, полученные ранее по методу М2 в блоках М2.4, М2.6 по формулам (13) и (14). В отличие от метода М2, в котором проводится оценка полезности будущего цифрового продукта в целом, в методе М3 используются лингвистические оценки полезности фактически достигнутых результатов – инкрементов цифровых продуктов по окончании спринта – в системе ожиданий агентов стейкхолдеров (блоки М3.4 – М3.8).

По окончании каждого t -го спринта для каждого j -го продукта рассчитываются отклонения по стоимости Δc_{jt} (Cost Variance, CV), по срокам Δs_{jt} (Schedule Variance, SV), по результатам Δr_{jt} :

$$\Delta c_{jt} = c_{jt}^{(e)} - c_{jt}^{(a)}; \quad \Delta s_{jt} = c_{jt}^{(e)} - c_{jt}^{(b)}; \quad \Delta r_{jt} = r_{jt}^{(b)} - r_{jt}^{(a)} \cdot M(\tilde{u}_{jt}), \quad (23)$$

где \tilde{u}_{jt} – нечеткая оценка полезности результатов t -го инкремента по формуле (18);

$M(\tilde{u}_{jt})$ – математическое ожидание нечеткого числа \tilde{u}_{jt} по формуле (20);

$r_{jt}^{(b)}, r_{jt}^{(a)}$ – плановый и фактический показатели результата по шкале от 0 до 1;

$c_{jt}^{(b)}, c_{jt}^{(a)}, c_{jt}^{(e)}$ – плановый объем (Planned Value, PV), фактические затраты (Actual Cost, AC) и освоенный объем (Earned Value, EV).

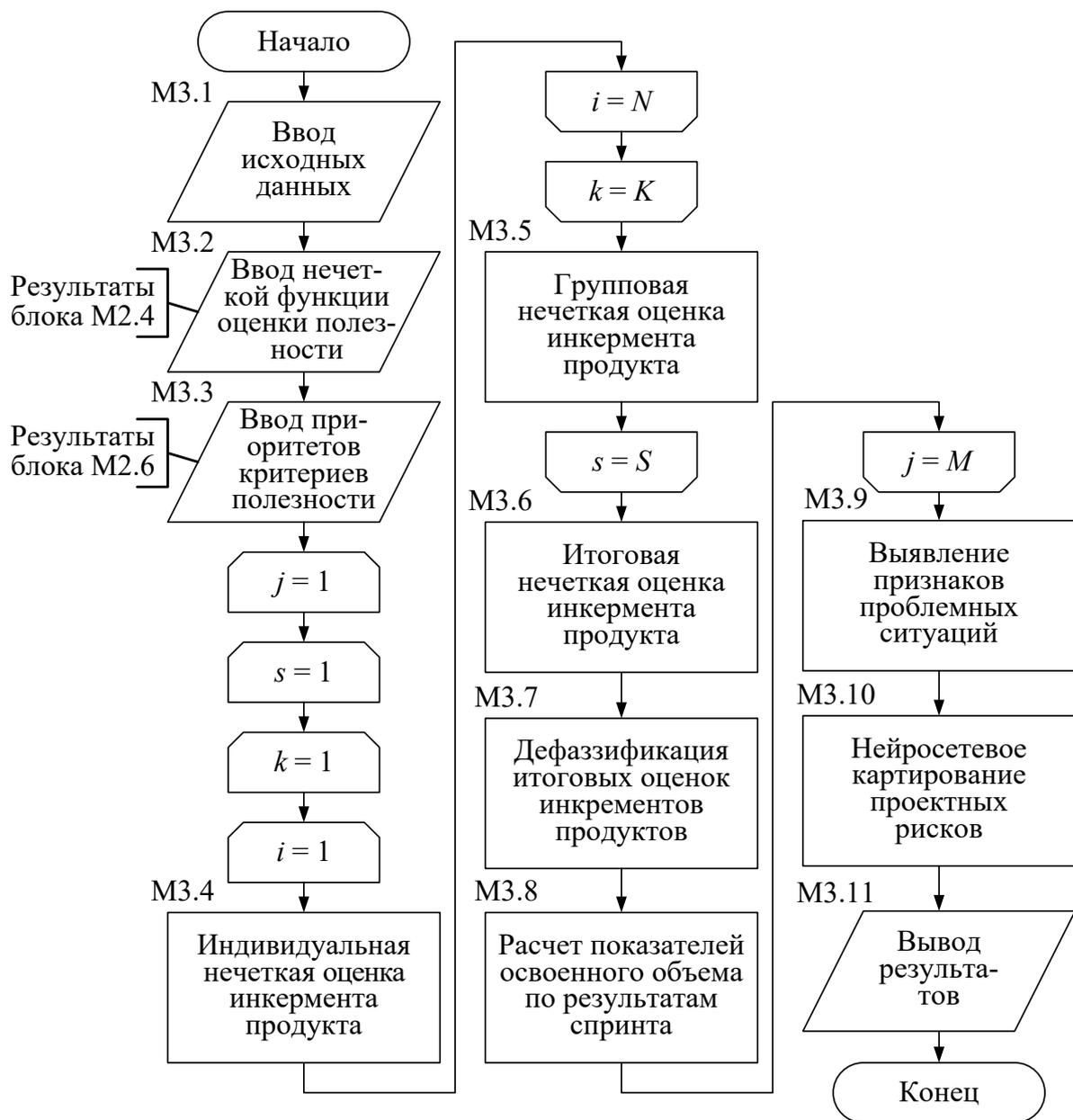


Рисунок 8 – Блок-схема метода мониторинга портфеля разрабатываемых цифровых продуктов (М3)

Графическая интерпретация показателей (23) представляет собой плоскую развертку трехмерной модели «стоимость (c) – результаты (r) – время (t)» (см. Рисунок 9) и позволяет совместить диаграмму сгорания задач (burndown chart) в плоскости ($r-t$) с диаграммой освоенного объема в плоскости ($c-t$). Разработка продукта считается завершенной при $r_{jF}^{(a)} = r_{jT}^{(b)}$, где F – индекс спринта, по окончании которого фактический результат будет соответствовать плановому. Рисунок 9 иллюстрирует пример проблемной ситуации – отставание от графика ($F \geq T$) и превышение фактических затрат над бюджетом ($c_{jF}^{(a)} \geq c_{jT}^{(b)}$). Показатель освоенного объема $c_{jx}^{(e)}$ для любого спринта x определяется по траектории « $x \rightarrow r_{jx}^{(a)} \rightarrow r_{jx}^{(b)} \rightarrow c_{jx}^{(a)} \rightarrow c_{jx}^{(e)}$ ».

Задача (24) решается посредством построения самоорганизующейся нейросетевой карты с гексагональной топологией. Вводится эталонный объект с показателями $\Delta r_0 = 0, \Delta c_0 = 0, \Delta s_0 = 0$ и используется палитра RGB: красный цвет (R) означает отклонение показателей продукта в худшую сторону от эталона, белый (W) – близость к эталону с допуском $\pm 25 \%$, синий (B) – в лучшую сторону.

В блоке М3.11 осуществляется вывод результатов в виде компонентных карт отклонений по результатам $M_{\Delta r}$, по стоимости $M_{\Delta c}$ и по срокам $M_{\Delta s}$, а также интегральной карты проектных рисков M_{Σ} по совокупности показателей.

Научная новизна. Метод отличается от известных тем, что в дополнение к традиционным показателям освоенного объема вводится нечеткий показатель результативности для оценки соответствия инкремента продукта ожиданиям агентов стейкхолдеров. Выявляются признаки проблемных ситуаций и выполняется кластеризация проектных рисков посредством модифицированных алгоритмов построения самоорганизующихся нейросетевых карт. Метод позволяет осуществлять мониторинг процессов цифровизации с учетом экономических интересов стейкхолдеров.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

Разработанный инструментарий апробирован в ФГУП «ВНИИ Центр» при выполнении составной части НИР «Алгоритм-ЦМ-МГТУ». Выполнена программная реализация прототипа гибридной рекомендательной системы для поддержки принятия решений с использованием Microsoft Excel и Mathworks MATLAB.

При апробации метода М1 решена задача гармонизации интересов стейкхолдеров проектов цифровой трансформации в рамках реализации государственной программы РФ «Развитие оборонно-промышленного комплекса (ОПК)»: публичного партнера (1) – Минпромторга России; частного партнера (2) – отечественных предприятий ИТ-сектора; пользователей цифровых продуктов (3) – предприятий ОПК. Результаты расчетов приведены в Таблице 1.

При апробации метода М2 решена задача формирования портфеля проектов цифровой трансформации в обеспечение развития информационных ресурсов Единого центра информационно-аналитического обеспечения решения общесистемных задач развития ОПК. Рассматривались 12 проектных заявок при бюджетном ограничении $B = 125$ млн. руб. Результаты расчетов приведены в Таблице 2.

При апробации метода М3 решена задача мониторинга портфеля в составе 50 проектов разработки цифровых продуктов для формирования межотраслевых балансовых моделей, планирования долгосрочной диверсификации ОПК и поддержки принятия решений по расширению выпуска высокотехнологичной гражданской продукции. Результаты построения интегральной карты рисков M_{Σ} рассматриваемого портфеля проектов приведены на Рисунке 10.

Таблица 1 – Результаты расчета коэффициентов гармонизации по методу М1

Способ расчета	α_1	α_2	α_3
Центроид ядра по формуле (8)	0,56	0,17	0,27
Вектор Шепли по формуле (9)	0,45	0,25	0,3

Таблица 2 – Результаты оценки приоритетности и отбора проектов по методу М2

j – индекс проекта	b_j – бюджет в млн. руб.	Комплексная оценка полезности		Приоритет	x_j – результат отбора по формуле (21)
		\tilde{u}_j – нечеткая по формуле (18)	u_j – четкая по формуле (20)		
1	12	[0,16;0,18;0,26]	0,20	2	1
2	8	[0,09;0,11;0,15]	0,12	9	1
3	5	[0,10;0,13;0,17]	0,13	7	1
4	15	[0,13;0,15;0,20]	0,16	5	1
5	9	[0,18;0,20;0,26]	0,21	1	1
6	11	[0,12;0,15;0,18]	0,15	6	1
7	7	[0,07;0,10;0,13]	0,10	10	1
8	14	[0,12;0,15;0,21]	0,16	4	1
9	24	[0,15;0,18;0,22]	0,18	3	1
10	16	[0,06;0,10;0,13]	0,10	11	0
11	17	[0,10;0,13;0,15]	0,13	8	1
12	18	[0,06;0,09;0,12]	0,09	12	0

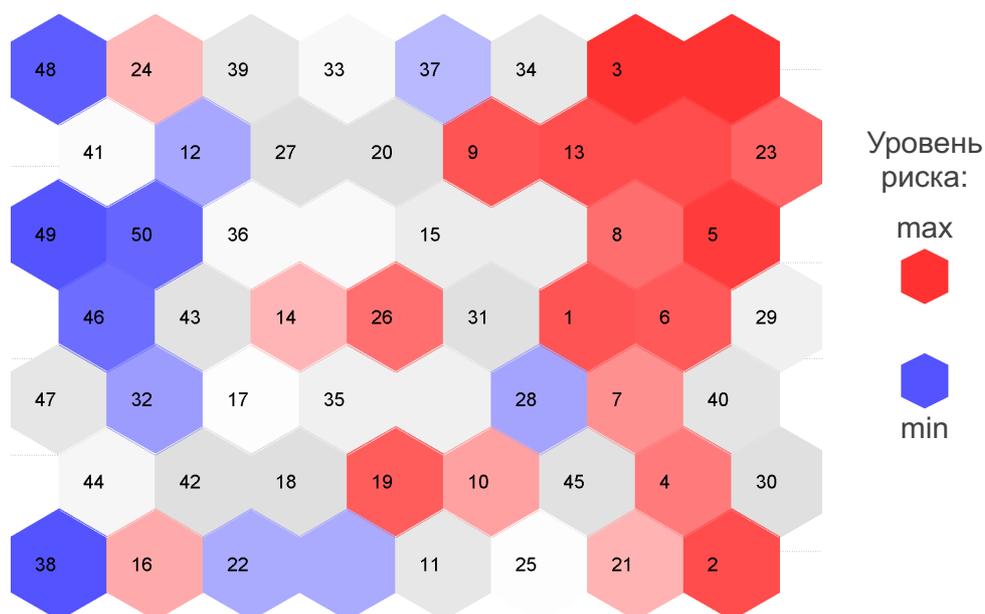


Рисунок 10 – Результаты построения интегральной карты проектных рисков по методу М3

Практическая реализация разработок позволила снизить трудоемкость и повысить оперативность экспертно-аналитических процедур по обоснованию программ и планов цифровой трансформации ОПК и обеспечить достоверность их результатов. Экономический эффект от реализации разработанного инструментария составил для условий ФГУП «ВНИИ «Центр» около 15 – 20 млн. руб. ежегодно в зависимости от объема выполняемых информационно-аналитических исследований и проектов цифровизации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Результаты анализа передового зарубежного и отечественного опыта управления проектами цифровой трансформации позволяют сделать вывод о том, что они отличаются значительной технологической сложностью и экономическими рисками, предполагают преобразование бизнес-моделей и бизнес-архитектур действующих предприятий, а также создание новых организационных форм с учетом интересов широкого круга субъектов экономики. Управление такими проектами предполагает принятие решений в условиях неопределенности, недостатка информации, вариативности планово-экономических параметров проектной деятельности, разнонаправленности и потенциального конфликта интересов стейкхолдеров.

2. Результаты изучения и обобщения актуальных научных публикаций и аналитических отчетов и по теме исследования позволяют сделать вывод о том, что в условиях цифровой трансформации экономики возникает потребность в применении искусственного интеллекта для группового принятия решений с учетом интересов стейкхолдеров. Современные методы гибкого управления отличаются мягкими формами регламентации проектной деятельности и наличием механизма внесения изменений в цифровые продукты на каждой итерации, что предполагает нечеткую постановку задач и обуславливает использование методов мягких вычислений для поддержки принятия управленческих решений.

3. Исходя из результатов выполненного анализа современной практики цифровизации экономики, в диссертации предложен формализованный понятийный аппарат в области гибкого управления проектами цифровой трансформации и введена общая терминологическая база для разработки и последующего применения инструментов группового принятия решений. Построена концептуальная схема «сущность-связь» и дано структурированное описание итеративно-инкрементальных процессов создания цифровых продуктов в экономических интересах большой коалиции стейкхолдеров. Определена процедура разрешения противоречий между заинтересованными сторонами, обеспечивающая их коалиционное взаимодействие.

4. Обоснован научно-методический подход к групповому принятию решений по управлению проектами цифровой трансформации экономики, обеспечивающий решение поставленной в диссертации научной задачи путем ее декомпозиции на составные части и разработки для каждой из них инструментального метода. Обоснованы области применения кооперативно-игровых моделей, нечеткой логики, комбинаторных и нейросетевых мягких вычислений, определены способы их интеграции, что позволяет получить комбинацию преимуществ инструментальных методов различных классов при решении специфических экономических задач.

5. Разработан комплекс инструментальных методов группового принятия решений, включающий: метод гармонизации экономических интересов стейкхолдеров для поиска компромисса и обоснования параметров эффективного коалиционного взаимодействия между заинтересованными сторонами; метод формирования инвестиционного портфеля проектов цифровой трансформации для многокритериальной оценки и отбора проектных заявок в рамках заданных бюджетных ограничений, с учетом экономических интересов стейкхолдеров и оцениваемых их агентами критериев полезности проектов; метод кластерного анализа проектных рисков цифровой

трансформации для мониторинга портфеля цифровых продуктов на соответствие стоимости, срокам и экономическим ожиданиям агентов стейкхолдеров. Выполнена практическая реализация прототипа гибридной рекомендательной системы для гибкого управления проектами с использованием Microsoft Excel и Mathworks MATLAB. Апробация и оценка экономической эффективности разработанного инструментария осуществлена в ФГУП «ВНИИ Центр» при проведении системных информационно-аналитических исследований по проблемам цифровой трансформации организаций, интегрированных структур и органов управления ОПК.

6. Результаты разработки и внедрения инструментария группового принятия решений позволяют сделать вывод о том, что поставленная научная задача решена, а цель диссертации достигнута. Выполненное диссертационное исследование обеспечивает гармонизацию экономических интересов стейкхолдеров и повышение эффективности управления проектами цифровой трансформации экономики. Направлениями дальнейших исследований по проблематике диссертации являются вопросы интеграции разработанного инструментария с существующими и перспективными цифровыми платформенными решениями в области управления экономикой.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях, индексируемых в международной базе цитирования Scopus

1. Specifics of applying agile methods in the space industry / D.A. Korenkova [et al.] // XLIV Academic Space Conference. AIP Conference Proceedings. 2021. Vol. 2318. Art. No. 070004. DOI: 10.1063/5.0035762. (1,0 п.л. / 0,25 п.л.).

2. The time series forecasting of the company's electric power consumption / D. Pavlova [et al.] // Advances in Neural Computation, Machine Learning, and Cognitive Research II (Moscow, Russia, October 8-12, 2018): Selected Papers from the XX International Conference on Neuroinformatics / eds. V. Kryzhanovsky [et al.]. Cham: Springer, 2019. Vol. 799. P. 210-215. DOI: 10.1007/978-3-030-01328-8_24. (0,25 п.л. / 0,08 п.л.).

Научные статьи в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России (08.00.13)

3. Коренькова Д.А. Подход к разработке гибридной интеллектуальной системы управления ИТ-проектами // Аудит и финансовый анализ. 2020. № 2. С. 212–224. (2,1 п.л.).

4. Коренькова Д.А. Теоретико-игровое моделирование процессов взаимодействия стейкхолдеров при управлении комплексными ИТ-проектами // Аудит и финансовый анализ. 2019. № 6. С. 227–233. (0,9 п.л.).

5. Дроговоз П.А., Коренькова Д.А. Современный инструментарий гибкого управления ИТ-проектами и перспективы его совершенствования с использованием технологий искусственного интеллекта // Экономика и предпринимательство. 2019. № 10. С. 829–833. (0,7 п.л. / 0,4 п.л.).

6. Дроговоз П.А., Шиболденков В.А., Коренькова Д.А. Подход к созданию гибридной рекомендательной системы для поддержки принятия решений по управлению проектами на основе нейросетевого картирования и когнитивной визуализации показателей освоенного объема // Экономика и предпринимательство. 2019. № 9. С. 1212–1217. (0,8 п.л. / 0,3 п.л.).

Научные статьи в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России

7. Эргономические показатели качества интерфейса программного обеспечения / Д.А. Павлова [и др.] // Динамика сложных систем – XXI век. 2018. № 2. С. 14–17. (0,25 п.л. / 0,08 п.л.).

8. Павлова Д.А. Миварные технологии. Применение миварных экспертных систем для решения практических задач // Современные наукоемкие технологии. 2016. № 5. С. 62–65. (0,46 п.л.).

Научные статьи и тезисы докладов в сборниках трудов международных и всероссийских конференций

9. Дроговоз П.А., Юсуфова О.М., Коренькова Д.А. Цифровая трансформация производственных систем: обзор основных направлений и факторов развития // X Чарновские чтения (Москва, 4–5 дек. 2020 г.): Сб. трудов всеросс. науч. конференции по организации производства / ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» [и др.]. М: НОЦ «Контроллинг и управленческие инновации», 2021. С. 61-68. (0,88 п.л. / 0,3 п.л.).

10. Коренькова Д.А. Разработка гибридной интеллектуальной системы поддержки принятия решений по управлению ИТ-проектами // Управление научно-техническими проектами (Москва, 3 апр. 2020 г.): Сб. материалов IV междунар. науч.-техн. конференции / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации; ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)». М: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2020. С. 121-126. (0,57 п.л.).

11. Коренькова Д.А. Развитие методов гибкого управления ИТ-проектами в космической отрасли: зарубежный опыт и отечественная практика // XLIV Академические чтения по космонавтике, посвященные памяти академика С.П. Королева и других отечественных ученых – пионеров освоения космического пространства (Москва, 28-31 янв. 2020 г.): Сб. тез. всеросс. науч. конференции / РАН [и др.]; ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)». М: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2020. Т. 1. С. 398-400. (0,18 п.л.).

12. Коренькова Д.А. Нечетко-интервальная модификация метода освоенного объема в управлении проектами цифровизации производства // IX Чарновские чтения (Москва, 6–7 дек. 2019 г.): Сб. трудов всеросс. науч. конференции по организации производства / ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» [и др.]. М: НОЦ «Контроллинг и управленческие инновации», 2019. С. 80-85. (0,33 п.л.).

13. Коренькова Д.А., Дроговоз П.А. Применение нейросетевых технологий для гибкого управления проектами цифровой трансформации промышленности // Будущее машиностроения России (Москва, 24-27 сен. 2019 г.): Сб. докладов XXII всеросс. науч. конференции молодых ученых и специалистов (с междунар. участием) / Союз машиностроителей России, Московский государственный университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет). М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2019. С. 980-983. (0,23 п.л. / 0,15 п.л.).