

На правах рукописи



СЕРЕБРЯКОВА ЕЛЕНА АНАТОЛЬЕВНА

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИННОВАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ
РАЗВИТИЕМ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ БАЗОВЫХ
ПРОТОТИПОВ ПОКОЛЕНИЙ МОДЕЛЬНОГО РЯДА**

Специальность: 2.3.4. Управление в организационных системах

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук

Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет».

Научный консультант:

Бурков Владимир Николаевич, доктор технических наук, профессор, ФГБУН «Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова» Российской академии наук, главный научный сотрудник лаборатории №57, г. Москва

Официальные оппоненты:

Болодурина Ирина Павловна, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», заведующий кафедрой прикладной математики, г. Оренбург

Голлай Александр Владимирович, доктор технических наук, доцент, ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», директор высшей школы электроники и компьютерных наук, г. Челябинск

Угольников Геннадий Анатольевич, доктор физико-математических наук, профессор, ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», заведующий кафедрой прикладной математики и программирования, г. Ростов-на-Дону

Ведущая организация:

ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», г. Пермь

Защита состоится «28» ноября 2025 года в 12⁰⁰ часов в конференц-зале на заседании диссертационного совета 24.2.286.04, созданного на базе ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», по адресу: г. Воронеж, Московский просп., д. 14, ауд. 216.

С диссертацией можно ознакомиться в научно-технической библиотеке ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет» и на сайте <https://cchgeu.ru/>

Автореферат разослан «16» сентября 2025 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Гусев Константин Юрьевич

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Проведение успешных инноваций является решающим условием успешного развития организационных систем. Инновационная деятельность, требуя значительных финансовых и материальных ресурсов, не дает гарантии их возврата в условиях рисков. Поэтому инновационный процесс требует тщательного планирования и управления на всех этапах жизненного цикла, в том числе при выборе базовых представителей развития организационной системы; в процессе учета рисков при управлении развивающимися организационными системами; при подборе коллектива экспертов, принимающих стратегические решения по развитию системы. Процесс планирования инноваций крайне сложен, поскольку является слабоструктурированным и трудноформализуемым, требует значительного опыта и интуиции экспертов, обработки больших объемов количественной и качественной информации. Однако проблема развития организационных систем в технике и технологии на основе информационного и промышленного потенциала осталась не решенной в достаточной степени.

Планированию инноваций в форме проектов должно предшествовать принятие решения о направлении развития организационной системы, о развитии модельного ряда. Представитель модельного ряда, как правило, состоит из набора проектов. Планирование инновационных проектов взаимосвязано со стратегическим планированием организации, поскольку от выбранного направления, от сложившейся ситуации, от имеющегося научно-технического и производственного потенциала существенно зависят направления инновационной деятельности, объемы ее финансирования и ресурсной поддержки. Планирование выбора представителя модельного ряда влечет за собой планирование выбора проектов. В свою очередь, планирование выбора проектов тесно связано с планированием самих проектов.

Разделение новых изделий на поколения, которые подлежат последовательной реализации, порождает определенный спектр проблем, связанных с определением временных сроков и интенсивности финансирования на каждой стадии внедрения конкретного поколения инновации в ходе развития организационной системы. Данные проблемы требуют соответствующего модельного обеспечения процесса управления внедрением новшеств на конкретном предприятии.

В этом случае возникает идея решать задачу формирования поколения новой техники при помощи методов оптимизации и ставится вопрос о том, какие критерии принять в качестве оптимизационных. Ввиду этого разработка методик устранения негативного влияния воздействий, приводящих к ущербу при реализации проектов, является, несомненно, актуальным и востребованным направлением в сфере управления организационными системами. Возросшая сложность в управлении инновационными организационными системами, переход к новым технологиям, а также возрастающая турбулентность на рынке ведет к увеличению рисков при реализации таких проектов. В ходе моделирования производственных организационных систем достаточно часто встает необходимость использования трудно формализуемых задач, происхождение которых объясняется наличием в структуре задач информации качественного характера. Для этой цели часто используется метод экспертного опроса. Однако основной недостаток этих методов – высокая степень субъективности.

Выходом из сложившейся ситуации является развитие теоретических положений в управлении инновационным развитием организационных систем, которые поз-

волят снизить затраты при реализации сложных проектов за счет использования концепции синтеза поколений модельного ряда, что и определяет актуальность исследования.

С учетом вышеизложенного, рассматриваемая научная проблема, заключающаяся в необходимости дальнейших исследований в области инновационного управления развитием организационных систем на основе базовых прототипов поколений модельного ряда, актуальна в научном и практическом плане.

Тематика диссертационной работы соответствует научному направлению ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет» «Вычислительные комплексы и проблемно-ориентированные системы управления».

Целью работы является развитие теоретических аспектов анализа инновационных процессов в рамках организационных систем на основе концепции синтеза базовых прототипов поколений модельного ряда в пределах жизненного цикла.

Задачи исследования. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи.

1. С позиции системной методологии предложить формальную базу описания процессов развития организационных систем в технике и технологиях на основе реализации информационного и промышленного потенциала, обеспечивающую воспроизведение информационного потенциала через полученные объекты интеллектуальной собственности, а промышленного потенциала – через производственные функции или иные стандартные средства.

2. Разработать модель поколений инновационного развития организационной системы, обеспечивающая реалистический прогноз продолжительности жизненного цикла поколения инновационного развития системы, определение момента достижения и уровня максимальной интенсивности затрат для прогнозируемых поколений.

3. Предложить многокритериальную модель задачи выбора базового представителя направления развития, обеспечивающую формирование минимального числа базовых представителей для последующего отбора силами ЛПР, минимизацию сроков подготовки новых видов представителей и минимизацию времени реализации базовых представителей.

4. Разработать комбинированный алгоритм решения задачи выбора базового представителя направления развития, обеспечивающий определение базового представителя, наиболее полно соответствующего функциональным, конструктивным и технологическим признакам поколения.

5. Создать модель классификации и планирования уникальных изделий, подлежащих обязательному включению в набор отбираемых технологий в инновационных организационных системах, что позволяет снизить риск невыполнения заказов в срок за счет предварительной кластеризации продукции и использования моделей определенно-вероятностного планирования.

6. Построить модель учета важности отбираемых технологий и учета интегрального эффекта от внедрения данной инновации, позволяющую максимизировать доход за счет формирования области компромисса по целевым функциям центра и агентов.

7. Разработать общую схему реализации автоматной модели в инновационных организационных системах как инструмента для анализа и оптимизации, отличающегося выделением базовой задачи имитационного моделирования.

8. Предложить и исследовать динамическую модель оценки рисков на основе

марковских случайных процессов при управлении развивающимися организационными системами, обеспечивающую оценку вероятности причинения ущерба той или иной степени процессу выполнения проектов, комплексов работ и мероприятий в зависимости от времени как основе для построения системы оптимального управления ходом выполнения проекта.

9. Разработать алгоритм оценки компетентности лиц, принимающих решение о редукции множества базовых представителей направления развития, обеспечивающий выбор параметра регуляризации метода регуляризации Тихонова на основе искомого решения.

10. Разработать структуру программного комплекса для формирования эффективных стратегий реализации инновационных проектов, позволяющую существенно снизить их риски и издержки за счет использования систем поддержки принятия решений должностных лиц предприятий.

Объект исследования: процессы управления инновационным развитием организационных систем.

Предмет исследования: модели, алгоритмы и методы управления инновационным развитием организационных систем на основе концепции поколений модельного ряда в рамках жизненного цикла.

Методы исследования. При решении поставленных в диссертации задач использовались методы теории вероятностей, теории принятия решений, методы оптимизации, а также методы объектно-ориентированного программирования. При решении поставленных в диссертации задач использовались методы исследования операций, теории вероятностей, теории принятия решений, а также методы объектно-ориентированного программирования.

Тематика работы соответствует следующим пунктам паспорта специальности 2.3.4. Управление в организационных системах: п. 2. «Разработка математических моделей и критериев эффективности, качества и надёжности организационных систем»; п.3 «Разработка методов и алгоритмов решения задач управления в организационных системах»; п. 7 «Разработка моделей и методов управления организационными проектами».

Научная новизна работы. В диссертации получены следующие результаты, характеризующиеся научной новизной.

1. Концептуальная основа формализации процессов развития организационных систем в технике и технологии на основе информационного и промышленного потенциала, отличающаяся применением двух операторов, характеризующих информационное и промышленное обеспечение, и обеспечивающая описание информационного потенциала через полученные объекты интеллектуальной собственности, а промышленного потенциала – через производственные функции или иные стандартные методы.

2. Модель поколений инновационного развития организационных систем в технике и технологии, отличающаяся учетом преемственности поколений модельного ряда разрабатываемого новшества с ограничениями интенсивности вложений на каждой стадии жизненного цикла и обеспечивающая реалистический прогноз продолжительности жизненного цикла поколения инновационного развития системы, определение момента достижения и уровня максимальной интенсивности затрат для прогнозируемых поколений.

3. Многокритериальная модель задачи выбора базового представителя направления развития, отличающаяся учетом многостадийности задачи, функцио-

нальных, конструктивных и технологических признаков поколения и обеспечивающая формирование минимального числа базовых представителей для последующего отбора силами ЛПР, минимизацию сроков подготовки новых видов представителей и минимизацию времени реализации базовых представителей.

4. Комбинированный алгоритм решения задачи выбора базового представителя направления развития, отличающийся точным переборным решением для малой размерности или последовательной декомпозицией множества представителей на несколько подмножеств, к каждому из которых применяется точный алгоритм, для большой размерности, и обеспечивающий определение базового представителя, наиболее полно соответствующего функциональным, конструктивным и технологическим признакам поколения.

5. Модель классификации и планирования уникальных изделий, подлежащих обязательному включению в набор отбираемых технологий в организационных системах в технике и технологии, позволяющая снизить риск манипулирования информацией структурными единицами за счет предварительной кластеризации и использования технологий определено-вероятностного планирования.

6. Модель учета важности отбираемых технологий и учета интегрального эффекта от внедрения данной инновации, отличающаяся применением метода сетевого программирования или жадных алгоритмов, что позволяет максимизировать получаемый доход от внедрения новшества.

7. Автоматная модель сложной системы, как инструмента для анализа и оптимизации организационных систем в технике и технологии, отличающаяся выделением базовой задачи имитационного моделирования, позволяющей из заданного множества значений совокупности регулируемых параметров выбрать такую совокупность этих значений, при которой целевая функция принимает минимальное (максимальное) значение.

8. Динамическая модель оценки рисков на основе марковских случайных процессов при управлении развивающимися организационными системами, отличающаяся учетом воздействия в случайные моменты времени на процесс негативных факторов различной природы и интенсивности, критических и последовательности некритических рисков, поступающих как последовательно, так и параллельно, и обеспечивающая оценку вероятности причинения ущерба той или иной степени процессу выполнения проектов, комплексов работ и мероприятий в зависимости от времени как основе для построения системы оптимального управления ходом выполнения проекта.

9. Алгоритм оценки компетентности лиц, принимающих решение о редукции множества базовых представителей направления развития, отличающийся адаптивным учетом начальной оценки компетенции с использованием метода регуляризации Тихонова и обеспечивающий выбор параметра регуляризации на основе искомого решения.

10. Структура программного комплекса для формирования эффективных стратегий реализации инновационных проектов, позволяющая существенно снизить их риски и издержки за счет использования систем поддержки принятия решений должностных лиц предприятий.

Теоретическая и практическая значимость исследования заключается в разработке моделей и алгоритмов управления жизненным циклом поколений модельного ряда в рамках процесса инновационного развития организационных систем, что поз-

волило существенно снизить производственные затраты при управлении ресурсами в сложных проектах. Использование разработанных в диссертации моделей и алгоритмов позволяет многократно применять разработки, тиражировать их и осуществлять их массовое внедрение с существенным сокращением средств, трудозатрат и их продолжительности.

Теоретические результаты работы могут быть использованы в проектных и научно-исследовательских организациях, занимающихся проектированием платформенно-инвариантных систем управления инфокоммуникационными службами в условиях штатной или нерегламентированной внешней нагрузки.

Положения, выносимые на защиту.

1. Концепция развития организационных структур производственных систем на основе информационного и промышленного потенциала обеспечивает описание информационного потенциала через полученные объекты интеллектуальной собственности, а промышленного потенциала – через производственные функции или иные стандартные методы.

2. Модель поколений инновационного развития организационной системы, обеспечивает реалистический прогноз продолжительности жизненного цикла поколения инновационного развития системы, определение момента достижения и уровня максимальной интенсивности затрат для прогнозируемых поколений.

3. Многокритериальная модель задачи выбора базового представителя направления развития обеспечивает формирование минимального числа базовых представителей для последующего отбора силами ЛПР, минимизацию сроков подготовки новых видов представителей и минимизацию времени реализации базовых представителей.

4. Комбинированный алгоритм решения задачи выбора базового представителя направления развития определяет базового представителя, наиболее полно соответствующего функциональным, конструктивным и технологическим признакам поколения.

5. Модель классификации и планирования уникальных изделий, подлежащих обязательному включению в набор отбираемых технологий в инновационных организационных системах, снижает риск невыполнения заказов в срок за счет предварительной кластеризации продукции и использования моделей определенно-вероятностного планирования.

6. Модель учета важности отбираемых технологий и учета интегрального эффекта от внедрения данной инновации максимизирует доход за счет формирования области компромисса по целевым функциям центра и агентов.

7. Общая схема применения автоматной модели в инновационных организационных системах предоставляет инструмент для анализа и оптимизации на основе выделения базовой задачи имитационного моделирования.

8. Динамическая модель оценки рисков на основе марковских случайных процессов при управлении развивающимися организационными системами предоставляет оценку вероятности причинения ущерба процессу выполнения проектов, комплексов работ и мероприятий в зависимости от времени как для построения системы оптимального управления ходом выполнения проекта.

9. Алгоритм оценки компетентности лиц, принимающих решение о редукции множества базовых представителей направления развития, реализует выбор параметра регуляризации метода регуляризации Тихонова на основе искомого решения.

Результаты внедрения. Основные результаты внедрены в ООО «СК «Воронежстрой», ООО «Горная машиностроительная компания-Рудгормаш», ООО «УК Жилпроект», ЗАО СК «Тверьгражданстрой», ООО «Яковлевский ГОК», ООО «Институт горной промышленности», ООО «КЦА Технологии», ООО «ЛиндеАзотТольятти», ГКУ «Транспортная дирекция республики Башкортостан», ООО «Angels IT», ООО «ЭкоНива-Черноземье, ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет».

Модели, алгоритмы и механизмы использованы в ходе научных исследований в ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет» в виде разработки ряда методических материалов по созданию и практическому использованию моделей формирования планов инвестиционного развития предприятий на основе концепции поколения развития новой техники, а также внедрены в практическую деятельность компании ООО «ЭкоНива-Черноземье» при разработке новых образцов высокотехнологичной сельскохозяйственной техники в виде регламентов деятельности должностных лиц предприятия в ходе производства комплектующих для сложных производственных комплексов с высокой концентрацией инновационных технологий. В результате оптимизации системы проектного управления ресурсами и осуществления корректировки нормативных величин управления ресурсами и запасами, снижена вероятность невыполнения проекта по разработке нового изделия для агрокомплекса на 6-8 % за счет обеспечения ритмичности при управлении ресурсами. При разработке нового изделия на предприятии ГК ЗАО ГК «Техника-Сервис-Агро» издержки, связанные с дефицитом человеческого ресурса, сократились на 10%. Модель управления запасами позволяет сэкономить от 5 до 10% денежных средств, связанных с издержками от приостановки технологических операций из-за нехватки необходимых ресурсов при внедрении инновационных мероприятий.

Кроме этого результаты настоящего диссертационного исследования используются и внедрены в учебный процесс ВГТУ и ДГТУ в форме программных продуктов, лабораторных работ и учебно-методических разработок.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на следующих конференциях: 2017 International science conference on business technologies for sustainable urban development (St. Petersburg, 2017); 19th International scientific conference on energy management of municipal transportation facilities and transport 2017 (Khabarovsk, 2017); 2018 International science conference on business technologies for sustainable urban development (St. Petersburg, 2018); 22nd International scientific conference on energy management of municipal facilities and sustainable energy technologies (Voronezh, 2020); IX Международной научно-практической конференции «Общество и экономическая мысль в XXI в.: пути развития и инновации» (Воронеж, 2021); Байкальской Всероссийской конференции с международным участием «Информационные и математические технологии в науке и управлении» (Иркутск, 2023); III Всероссийской (с международным участием) НПК «Формирование механизмов устойчивого развития экономики» (Симферополь, 2023); XIX Всероссийской школе-конференции молодых ученых «Управление большими системами» (Воронеж, 2023); VII Всероссийской национальной НПК «Математические методы и информационные технологии в моделировании систем» (Воронеж, 2023); International scientific forestry forum 2023 «Forest ecosystems as global resource of the biosphere: calls, threats, solutions» (Voronezh, 2023); XI Международной НПК «Общество и экономическая мысль в XXI в.: пути развития и инновации» (Воронеж, 2023); XVI Всероссийской

НПК «Проблемы экономики современных промышленных комплексов; финансирование и кредитование в экономике России: методологические и практические аспекты» (Самара, 2023); I Международной (XVI Всероссийской) НПК «Математические модели современных экономических процессов, методы анализа и синтеза экономических механизмов; актуальные проблемы и перспективы менеджмента организаций» (Самара, 2024); Региональной НПК «Пути активизации регионального потенциала реиндустриализации» (Курск, 2024); Международной НПК, посвященной 40-летию кафедры САПРИС «Интеллектуальные информационные системы» (Воронеж, 2024); XXI Международной НПК «Теория и практика экономики и предпринимательства» (Симферополь - Гурзуф, 2024); XIV Всероссийском совещании по проблемам управления (Москва, 2024); II Всероссийской НПК с международным участием «Синтез наук: актуальные проблемы науки и практики в условиях современных глобальных трансформаций» (Воронеж, 2024); Международной научно-технической конференции «Строительство и архитектура: теория и практика развития отрасли» (Нальчик, 2024); 47 Международной научной конференции – школе-семинаре им. академика С.С. Шаталина «Системное моделирование социально-экономических процессов» (Воронеж, 2024); XII Международной НПК «Новые информационные технологии в архитектуре и строительстве» (Екатеринбург, 2024); Юбилейной НПК «Теория активных систем-55 лет» (Москва, 2024), XV Международной научно-практической конференции (Москва, 2025), а также на научных конференциях и семинарах кафедры управления ВГТУ (2016-2025 гг.).

Достоверность результатов обусловлена корректным использованием теоретических методов исследования и подтверждена результатами сравнительного анализа данных вычислительных и натурных экспериментов.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 6 монографий, 34 статьи в изданиях из перечня ВАК РФ, 6 статей из БД WoS и Scopus, 16 статей в других периодических международных и российских изданиях, 6 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ, 22 материала докладов на международных и общероссийских научных и научно-методических конференциях, 1 учебник и 2 учебных пособия. В работах, опубликованных в соавторстве и приведенных в конце автореферата, лично автором получены следующие результаты. В работах, опубликованных в соавторстве и приведенных в конце автореферата, лично автором получены следующие результаты: [2, 23, 36, 44, 49, 56, 58, 66] - концепция развития организационных систем в технике и технологии на основе информационного и промышленного потенциала; [1, 6, 9, 12, 48, 53] - модель поколений инновационного развития организационных систем в технике и технологии; [5, 7, 8, 14, 16, 45] - многокритериальная модель задачи выбора базового представителя направления развития; [4, 13, 18] - комбинированный алгоритм решения задачи выбора базового представителя направления развития; [3, 4, 27, 30, 42, 43, 62] - модель классификации и планирования уникальных изделий, подлежащих обязательному включению в набор отбираемых технологий в организационных системах в технике и технологии; [15, 26, 31, 38, 40, 46, 57, 61, 65] - модель учета важности отбираемых технологий и учета интегрального эффекта от внедрения данной инновации; [10, 17, 29, 34, 41, 50, 51, 52, 63, 64] - автоматная модель сложной системы, как инструмента для анализа и оптимизации организационных систем в технике и технологии; [11, 19, 20, 24, 28, 33, 35, 47, 54, 55, 60] - динамическая модель оценки рисков на основе марковских случайных процессов при управлении развивающимися организационными системами;

[21, 22, 32, 37, 39, 59, 67] - алгоритм оценки компетентности лиц, принимающих решение о редукции множества базовых представителей направления развития.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, семи глав, заключения, списка литературы из 182 наименований, 46 рисунков, 35 таблиц и 17 приложений. Работа изложена на 293 страницах.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность исследования, сформулированы его цель и задачи, научная новизна и практическая значимость полученных результатов, приведены сведения об апробации и внедрении работы.

В первой главе исследуются особенности проектирования технологий инновационного развития организационных систем на основе концепции поколений модельного ряда в рамках жизненного цикла и анализируется современное состояние проблемы. Результат анализа потребовал формализации данных задач, а также алгоритмизации их решения с учетом особенностей. Сформулирована цель и задачи исследования.

Вторая глава посвящена представлению концепции развития организационных систем в технике и технологии на основе информационного и промышленного потенциала. Каждый проект характеризуется своим жизненным циклом, для которого характерны пять этапов: инициация, планирование, выполнение, контроль и мониторинг, завершение. В данном случае следует иметь в виду, что все стадии реализации проекта не выполняются последовательно друг за другом, находятся в более сложной конфигурации.

Важной составляющей задач исследования организационных систем является прогнозирование состояния модельного ряда какого-либо объекта на достаточно длительном периоде жизненного цикла. Анализ показывает, что при использовании традиционных методов прогнозирования, требуется анализ 25 – 30 параметров, что в современных условиях вряд ли возможно. Именно поэтому возникла идея прогнозирования на основе интегральных показателей, к которым будет относиться информационный и производственный потенциалы. Рассмотрим возможную форму взаимосвязи этих величин. Для этой цели возьмем кибернетическую модель производства (рис. 1). Учитывая особенности современного производства, факторы, подаваемые на вход: «трудовые ресурсы», «технологии», «основные фонды» - можно объединить в интегральный показатель «производственный потенциал предприятия». Рассмотрим зависимость состояния уровня развития техники и технологии от двух операторов, характеризующих информационное и промышленное обеспечение.

Задача прогнозирования должна решаться в динамической постановке. При этом величина временного лага будет характеризоваться запаздыванием, которое определяется выражением вида: $T = t - \tau$, где τ – время инициирования разработки; t – время внедрения разработки.

За небольшой промежуток времени Δt , в течение которого уровень потенциалов можно считать неизменным, значение величины $Q(t)$ получит конечное приращение, которое будет зависеть от накопленной информации $I(t - \tau)$ и значения промышленного потенциала, достигнутого к этому времени $\Pi(t)$:

$$\Delta Q(t) = I(t - \tau) \cdot \Pi(t) \Delta t. \quad (1)$$

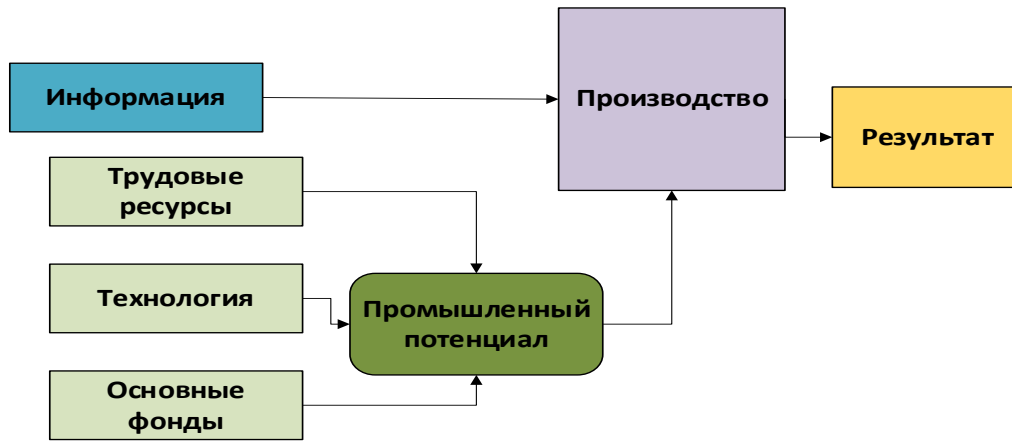


Рисунок 1 – Кибернетическая модель

Тогда получим:

$$Q(t) = \frac{1}{\lambda} \int_0^t I(t - \tau) \Pi(t) dt, \quad (2)$$

где λ – дисконтирующий множитель, характеризующий изменение качества информации, с течением времени, например, ее старение.

Выдвинута гипотеза о том, что прогнозируемая величина $Q(t)$ будет зависеть от информационного потенциала по квадратичному закону. В этом случае согласно (1) в конкретный момент времени эта зависимость представляется в виде соотношения: $Q = E \cdot V^2$, где E характеризует интенсивность трансформации имеющегося объема информации в прогнозируемое явление. При $\Pi(t) = \Pi_0 = \text{const}$, соотношение (2) преобразуется к виду:

$$Q(t) = \frac{\Pi_0}{\lambda} \int_0^t I(t - \tau) dt. \quad (3)$$

После ряда преобразований получаем: $I(t - \tau) = 2EI_0\lambda\tau_0 \frac{\partial I}{\partial \tau}$, где τ_0 – период времени, в течение которого накапливалась информация, $E = \frac{Q_0}{I_{\text{нак}}}$,

где Q_0 – уровень прогнозируемой величины в базисном периоде; $I_{\text{нак}}$ – накопленная информация к этому периоду.

Окончательно получаем:

$$I(t - \tau) = \frac{2\lambda Q_0 \tau_0 I_0}{I_{\text{нак}}} \cdot \frac{\partial I}{\partial \tau}, \quad (4)$$

$$Q(t) = \frac{2\lambda Q_0 \tau_0 I_0}{I_{\text{нак}}} \cdot \int_0^t \frac{\partial I}{\partial \tau} \Pi_0 \Pi(t) dt. \quad (5)$$

Подынтегральное выражение в соотношении (5) представляет собой произведение двух функций, описывающих информационный и промышленный потенциалы.

Таким образом, представлена **концептуальная основа формализации процессов развития организационных систем в технике и технологии на основе информационного и промышленного потенциала, отличающаяся применением двух операторов, характеризующих информационное и промышленное обеспечение, и обеспечивающая описание информационного потенциала через полученные объекты интеллектуальной собственности, а промышленного потенциала – через производственные функции или иные стандартные методы.**

Третья глава посвящена исследованию и моделированию инновационного развития поколений организационной системы в рамках ее жизненного цикла. Подчеркивается, что период существования любого новшества определяется его жизненным циклом, на протяжении которого от организационной системы требуются различные действия: на стадии инициации и разработки – вложение средств, на остальных стадиях при успешной реализации инновации происходит возврат вложенных средств и прибыль, при этом большинство организационных систем одновременно может реализовывать несколько новшеств. Вследствие этого максимальные вложения могут потребоваться в нескольких проектах, причем практически одновременно. Это может привести организационную систему к финансовым затруднениям.

Рассмотрим возможный способ моделирования этапов инновационного развития организационной системы. Каждый этап развития фирмы будет характеризоваться функциональными, конструктивными и технологическими особенностями, которые будут описываться своим набором показателей, обозначенных через $f = \{f_1, f_2, \dots, f_p\}$ – множество параметров, характеризующих функциональные различия; $c = \{c_1, c_2, \dots, c_g\}$ – конструктивные; $t = \{t_1, t_2, \dots, t_s\}$ – технологические.

В этом случае функциональные показатели поколения будут обеспечиваться за счет того, что конструктивные и технологические достигнут определенных значений. В то же время получение новых технологических параметров дает возможность влиять на конструктивные и функциональные.

Следовательно, существует причинно-следственная связь между критериями, описывающими v -е поколение инновационного развития фирмы, которую можно записать в виде

$$\Phi(f^v, c^v, t^v) = 0 \quad (7)$$

Если соотношение (7) выполняется, значит, набор f^v, c^v, t^v реализуем.

Следует отметить, что зависимость вида (7) можно представить в виде импликаций:

$$t^v \longleftrightarrow c^v \longleftrightarrow f^v. \quad (8)$$

Создание последующего поколения внедряемого новшества осуществляется на базе предыдущего за счет применения накопленных знаний и новых достижений в области науки и технологии. При этом может происходить добавление дополнительных параметров, характерных только для нового поколения.

При этом для системы показателей, характеризующих новое поколение, также должно выполняться соотношение (7) вида $\Phi(f^{v+1}, c^{v+1}, t^{v+1}) = 0$ и быть справедливой импликация типа (8).

Создание следующего поколения новшества возможно только на базе усовершенствования и модернизации уже существующего, с появлением новых признаков, характеризующих конструктивные и технологические особенности нового поколения инновации. По этой причине, например, связь $\Phi(f^{v+1}, c^v, t^v) = 0$ в принципе нереализуема, так как новое поколение ($v + 1$) не приводит к появлению новых конструктивных и технологических свойств. Кроме того, одновременное осуществление набора (f^v, c^v, t^{v+1}) или (f^v, c^{v+1}, t^{v+1}) с позиций логики допустимо, но с учетом особенностей постановки задачи будет описывать ситуацию, связанную с нереализованными возможностями, а потому будет нерациональной.

Выделение в инновации поколений развития является основополагающим. Если разработчик укажет лишние поколения, это приведет к дополнительным затратам на исследования, которые не обеспечат создание следующего поколения с новыми функциональными возможностями. С точки зрения реализуемости все фазы жизненного цикла инновации неравноценны: последние три, как правило, реализуются

стандартным инструментарием организационного менеджмента, первые две носят неформальный и неформализованный характер. Невозможно разработать алгоритм, следуя которому, можно точно получить какую-то инновацию. Именно успешная реализация первых двух этапов дает возможность рассчитывать на успех.

Наиболее характерными параметрами, описывающими процесс создания нового i -го поколения инновации, являются продолжительность каждой стадии $S_{i1}, S_{i2}, \dots, S_{is}$ и интенсивность, т. е. размер вкладываемых средств в единицу времени $F_i(\tau)$ (Рисунок 2). В данном случае второй индекс в переменной S_{is} будет означать номер стадии жизненного цикла инновации.

Представленная на Рисунке 2 кривая будет иметь в точке a_i экстремум (максимум), которому будет соответствовать точка τ_i на временной шкале. Этим значением времени определяется момент наибольшей интенсивности вкладываемых средств.

Общий объем израсходованных средств будет численно равен площади, ограниченной кривой $F_i(\tau)$ и осью времени τ . Обозначив суммарные затраты на развитие i -го поколения новшества через A_i , можно записать (7, 8):

$$A_i = \int_0^{\tau_i} F_i(\tau) d\tau.$$

Задача менеджмента организационной системы будет заключаться в том, чтобы определить время начала развития поколения, длительность каждой из его стадий, интенсивность использования ресурсов на каждой из стадий, а также взаимные расположения кривых $F_i(\tau)$, относящихся к различным поколениями создаваемой инновации.

Из Рисунка 2 можно установить, что для аппроксимации изучаемого процесса наиболее подходящим будет являться кривая Гаусса. В этом случае интенсивность использования ресурсов будет определяться выражением вида:

$$F_i(\tau) = F_i(\tau, \tau_i, \sigma_i, A_i) = \frac{A_i}{\sigma_i \sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{(\tau - \tau_i)^2}{2\sigma_i^2}\right\}. \quad (9)$$

Анализируя выражение (9), приходим к выводу, что каждое поколение инновации будет характеризоваться тремя параметрами: среднеквадратичным отклонением σ_i ; точкой, соответствующей максимальной интенсивности потребления ресурсов τ_i ; величиной суммарных затрат A_i . Из правила трех сигм можно предположить, что все основные события жизненного цикла новшества будут укладываться на временном интервале, численно равном 6σ , при этом границы временного интервала развития поколения инновации будут определяться выражением $\tau = [\tau_i - 3\sigma_i, \tau_i + 3\sigma_i]$.

Таким образом, указанные три параметра σ_i , τ_i , A_i будут в полной мере характеризовать развитие каждого поколения. От менеджмента организационной системы требуется определить эти параметры, а на их основе и взаимное расположение кривых, описывающих различные поколения новшества.

Наиболее неформальным является определение временных параметров науч-

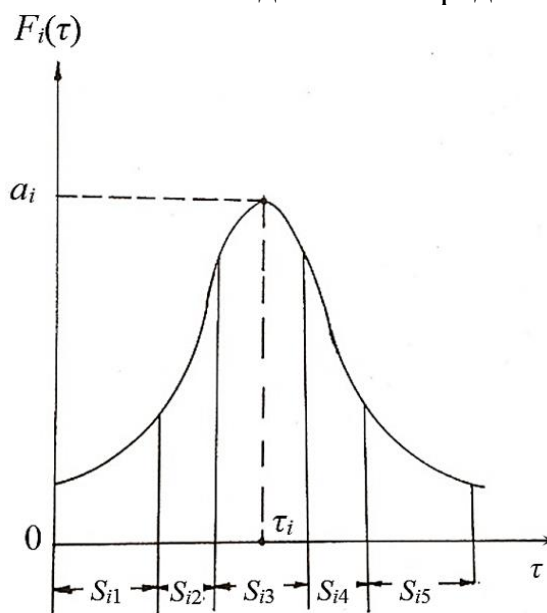


Рисунок 2 – Зависимость объема привлекаемых ресурсов от стадии жизненного цикла инновации

ного поиска, т. е. величины S_{i1} . В данном случае следует исходить из начальных данных, которые, как правило, известны до стадии проектирования, т. е. известно, какое количество ресурсов организационная система может направить на эти цели, поэтому зафиксируем этот уровень, обозначив его через α .

Рассмотрим вариант решения поставленной задачи, если α представляет собой долю ресурсов, направленных на стадию научного исследования, от всех средств, используемых на развитие данного поколения (Рисунок 3).

В этом случае условие $\alpha < 1$ можно записать: $F_i(\tau)$

$$\alpha_{A_i} = \int_{\tau_i - 3\sigma_i}^{\tau_i - 3\sigma_i + S_{i1}} F_i(\tau) d\tau \approx \int_{-\infty}^{\tau_i - 3\sigma_i + S_{i1}} F_i(\tau) d\tau$$

Если линию, представленную на Рисунке 3, записать в форме функции Лапласа, то получим выражение:

$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{1}{\sigma_i \sqrt{2\pi}} \int_{-3 + S_{i1}/\sigma_i}^{-3\sigma_i + S_{i1}} e^{-\tau^2/2\sigma_i^2} d\tau = \\ &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{-3 + S_{i1}/\sigma_i} e^{-x^2/2} dx, \end{aligned}$$

или $\alpha = \Phi(-3 + S_{i1}/\sigma_i)$. В итоге время реализации стадии научного поиска можно определить из выражения $S_{i1} = \sigma_i(3 + \Phi^{-1}(\alpha))$.

Далее в работе представлены и решены задачи нескольких типов исследования параметров поколений.

Задача 1. Пусть известны параметры i -го и $(i + 1)$ -го поколений. Используя прогнозные значения для времени реализации $(i + 2)$ -го и $(i + 3)$ -го поколений новшества, а также о величине используемых для этой цели ресурсов, требуется определить стандартные отклонения для этих поколений.

Задача 2 (о выходе на заданный уровень). Имеются данные о предыдущих поколениях развития инновации. Необходимо к заданному моменту времени обеспечить создание нескольких поколений инновационного развития организационной системы при минимальных затратах.

Задача 3 (о приближении к заданному уровню). Требуется за минимальное время по известным характеристикам предыдущих поколений обеспечить создание последнего поколения инновации.

Задача 4 (о равномерности вложений). Требуется обеспечить распределение ресурсов, направляемых на реализацию новшества, наиболее близкое к равномерному, если имеются данные о предыдущих поколениях этой инновации, интенсивности вложений и времени реализации последнего поколения инновации.

Таким образом, *создана модель поколений инновационного развития организационных систем в технике и технологии, отличающаяся учетом преемственности поколений модельного ряда разрабатываемого новшества с ограничениями интенсивности вложений на каждой стадии жизненного цикла и обеспечивающая реалистический прогноз продолжительности жизненного цикла поколения инновационного развития системы, определение момента достижения и уровня максимальной интенсивности затрат для прогнозируемых поколений.*

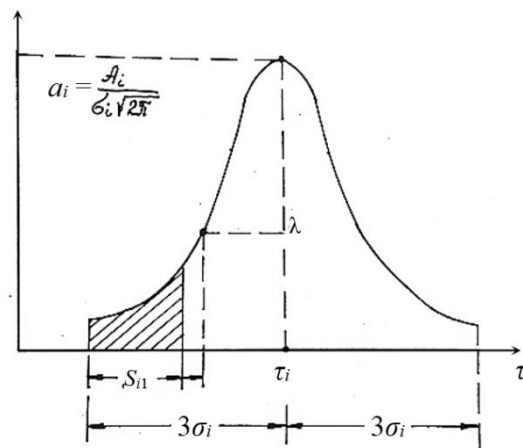


Рисунок 3 – Вычисление объема средств, направляемых на стадию научного поиска

В главе 4 представлены многокритериальная модель и алгоритм решения задачи выбора базового представителя направления развития организационных систем в технике и технологии.

Как правило, отдельные изделия по своим свойствам могут быть достаточно близки и, соответственно, выбирать их все в качестве прототипа нецелесообразно. Рациональнее было бы выбрать некое их число N . Таким образом, возникает первый критерий оптимизации: минимальное количество прототипов, отобранных для развития инновационного продукта. Допустим, имеется N изделий, обладающих M свойствами. Для того чтобы описать, какими свойствами обладает каждое из изделий, введем матрицу свойств A , произвольный элемент которой $a_{ij} = 1$ в том случае, если i -е изделие обладает j -м свойством, и $a_{ij} = 0$ в противном случае. Матрица A будет иметь лентообразную структуру: элементы $a_{ij} = 1$ будут группироваться преимущественно около главной диагонали, образуя своеобразную «ленту»

Возникает задача отбора минимального количества прототипов, которые могут быть использованы для последующей разработки изделия с заданным набором свойств:

$$\sum_{i=1}^N x_i \rightarrow \min, \quad (10)$$

$$\sum_{i=1}^N a_{ij} x_i \geq y_j, \quad \sum_{j=1}^M y_j = m, \quad x_i \in \{0, 1\}; \quad y_j \in \{0, 1\}; \quad j = \overline{1, M}, i = \overline{1, N};$$

где x_i – двоичная переменная, равная единице в том случае, если i -е изделие отобрано в качестве прототипа, и нулю в противном случае; m – количество свойств, которым должны удовлетворять все отобранные прототипы; y_j – двоичная переменная, равная единице в том случае, если j -е свойство должно обладать этим свойством, и нулю в противном случае.

По своему характеру рассматриваемая задача близка к задаче о размещении объектов инфраструктуры в некоторой области, где в качестве объектов инфраструктуры выступают уже существующие изделия, а в качестве областей – свойства, которыми должны обладать отобранные прототипы.

При этом возможны две постановки задачи:

1. Число свойств, которым должно удовлетворять отобранное множество прототипов, должно быть равно общему числу свойств, характерному для всей совокупности изделий, т.е. $m = M$.

2. Число свойств, которыми обладают отобранные прототипы, меньше их общего числа, т.е. выполняется неравенство вида $m \leq M$.

Задачи первого типа относятся к классу задач теории графов о полном покрытии множества; задачи второго типа – к классу задач о частичном покрытии. Обе задачи являются NP -трудными.

Задача полного покрытия множества формально описывается в виде:

$$\sum_{i=1}^N a_{ij} x_i \geq 1, \quad j = \overline{1, M}, \quad (11)$$

$$x_i \in \{0, 1\}; \quad i = \overline{1, N}.$$

Если проанализировать систему ограничений (11), то становится ясно, что система неравенств, приведенная в ней, представляет собой требование о том, что каждое из свойств должно соответствовать хотя бы одному из изделий. Если некоторому свойству соответствует только одно изделие, то такое изделие будем называть уни-

кальным. В работе доказано

Утверждение 1. *Уникальные изделия должны включаться в множество отобранных прототипов в обязательном порядке.*

Для определения наличия уникальных изделий достаточно необходимо найти сумму по всем столбцам матрицы свойств. Если сумма по столбцу равна единице, то изделие, отвечающее этому свойству, является уникальным и его необходимо обязательно включить в решение. Если же рассмотреть произведение всех неравенств, включенных в ограничения, т.е.

$$\prod_{j=1}^M \sum_{i=1}^N a_{ij} x_i \geq 1, \quad (12)$$

и раскрыть все скобки, то получится булевый многочлен степени M .

Утверждение 2. *Каждое слагаемое булевого многочлена M -й степени раскрытого выражения (12) представляет собой вариант решения поставленной задачи, удовлетворяющий ограничениям (11), но не являющийся в общем случае оптимальным решением.*

Используя двоичный характер x_i , можно заменить систему неравенств на рекуррентную систему булевых уравнений.

Утверждение 3. *Решение задачи (1), (2) эквивалентно решению последовательности следующих булевых уравнений:*

$$\prod_{j=1}^M \sum_{i=1}^N a_{ij} x_i = k, \quad k = 1, 2, \dots, l, \quad (13)$$

Теоретически верхней границей для l будет являться значение $l = N^M$, т.е. вариант, соответствующий случаю, когда все N изделий обладают всеми M свойствами. Но данный случай соответствует тривиальному решению.

Для решения поставленной задачи необходимо записать (13) в виде полинома M -й степени. Для этого в (12) выбирается переменная, которая чаще всего встречается и при раскрытии скобок в булевом полиноме будет находиться в максимально возможной степени.

Утверждение 4. *Слагаемые булевого полинома (13), имеющие минимальное число сомножителей, соответствуют оптимальному решению задачи (11), (12). В таком слагаемом содержится наименьшее число переменных x_i , но каждая из них имеет максимально возможную степень.*

На основе свойств булевых многочленов, зафиксированных в утверждениях (11)–(13), можно построить точный алгоритм решения задачи. Для этой цели необходимо получить развернутое выражение для полинома (13). Причем не обязательно требуется получить все множество слагаемых выражения (13) в явном виде, а необходимо получить только несколько первых слагаемых, имеющих минимальное число сомножителей в максимальной степени. Степень каждого из сомножителей булевого многочлена (13) должна быть равна числу свойств, которым должны удовлетворять отобранные образцы изделий. Каждое такое слагаемое, согласно утверждению 4, и будет являться решением рассматриваемой задачи.

В итоге получена **многокритериальная модель задачи выбора базового представителя направления развития, отличающаяся учетом многостадийности задачи, функциональных, конструктивных и технологических признаков поколения и обеспечивающая формирование минимального числа базовых представителей для последующего отбора силами ЛПР, минимизацию сроков и подготовки новых видов и сокращению времени реализации базовых представителей.**

Процесс реализации конкретного проекта будет заключаться в последовательности действий по реализации базовых представителей направлений техники. Каждое представление будет характеризоваться набором новых свойств, что делает возможным отнесение этого образца к новой технике. Последующее поколение будет дополнено какими-то новыми свойствами с сохранением уже приобретенных, но эти свойств будут не столько кардинальными чтобы выделить конкретное поколение в новый проект. То есть происходит ступенчатая модернизация первоначального, базового, образца.

Таким образом, возникает задача разбиения проекта на стадии, которые можно выделить в качестве базовых представителей направления техники. Такое разделение проекта на стадии должно удовлетворять определенным требованиям.

1. Необходимо выбрать минимальное число базовых представителей: с одной стороны – это позволит обеспечить необходимую концентрацию ресурсов, а с другой – ускорит процесс окупаемости всего проекта за счет ускоренного выпуска новой продукции на рынок. Большое же количество базовых представителей может сильно затруднить подготовку производства к началу выпуска новой продукции.

2. На базовых представителях необходимо будет отработать процессы подготовки производства к выпуску последующих поколений инноваций.

3. Процесс подготовки производства базовых представителей должен быть минимальный и учитывающий возможность последующей модернизации изделия, то есть выпуск нового базового представителя.

Приведем математическую формулировку поставленной задачи. Допустим, реализуемый проект состоит из N изделий, которые будем идентифицировать индексом j . Для формального описания задачи введем двоичную переменную x_j . В том случае, если j -е изделие включается в множество базовых представителей, то $x_j=1$, а если нет, то $x_j=0$.

Кроме того, каждое изделие характеризуется определенными свойствами, задающиеся в виде M показателей, которые будем обозначать индексом I ($i = 1, 2, \dots, M$). В том случае, когда изделие обладает данным свойством, значение показателя равно 1, а если нет, то 0.

Описание задачи должно учитывать требования (11) – (13), выдвигаемые к базовым представителям. Первое требование предполагает нахождение экстремума функции $F_1(x)$:

$$F_1(x) = \sum_{j=1}^N x_j, \quad (14)$$

а третье требование предполагает решение оптимизационной задачи:

$$F_2(x) = \max_{j=1, \dots, N} \{t_j x_j\}, \quad (15)$$

где A – булева матрица размером $M \times N$, составленная из элементов a_{ij} ; $a_{ij} = 1$, если j -е изделие обладает i -м свойством и $a_{ij} = 0$ в противном случае; t_j – j -я компонента вектора T , определяющая время создания j -го изделия.

Т.е. получена многокритериальная задача оптимизации, решение которой сводится к нахождению компромиссного решения для двух задач минимизации. Но в такой постановке задача будет иметь тривиальное решение, но мы еще не учли второе ограничение. Учет этого ограничения приводит к задаче условной оптимизации, которая уже будет иметь нетривиальное решение.

Для этой цели зададим минимальное число $m \leq M$ свойств, которым должны обладать базовые представители направления техники. Формализовать ограничение данного вида можно путем введения булевой переменной u_i , которая будет равно 1 в том случае, когда требуется, чтобы базовый представитель обладал этим свойством, и 0 – в противном случае. Это дает возможность дополнить задачу (14) – (15) огра-

ничениями вида:

$$\sum_{j=1}^N x_j a_{ij} \geq y_i, i = 1 \dots M, \quad (16)$$

$$\sum_{i=1}^M y_i = m. \quad (17)$$

Следовательно, поставленная задача сводится к решению двухкритериальной задачи условной оптимизации, целевые функции которой задаются соотношениями (14), (15), ограничения – выражениями (16) и (17).

Решение поставленной задачи может быть построено в виде последовательного решения двух задач оптимизации.

Задача 4. Минимизировать $F_1(x)$ при ограничениях (16) и (17).

Задача 5. Минимизировать $F_2(x)$ при ограничениях (16) и (17) и дополнитель-

ном ограничении:

$$\sum_{j=1}^N x_j = f(x^0), \quad (18)$$

где x^0 - оптимальное решение первой задачи.

Сложность решения сформулированных выше задач заключается в том, что они относятся к классу NP -полных, а это означает, что построение точного алгоритма, имеющего полиномиальную трудоемкость, не представляется возможным. Доказательством этого факта может служить то, что в том случае, если в первой задаче принять условие $m=M$, то переходим к известной задаче о покрытии множества, для которой доказано утверждение о ее NP -полноте.

Для решения оптимизационной задачи (14), (15), (16) предлагается два алгоритма: первый алгоритм основан на процедуре прямого перебора, что, как известно, позволяет получить точное решение. Трудоемкость алгоритма, как и всех алгоритмов переборного типа – степенная.

Второй алгоритм является декомпозиционным, использующим возможности первого алгоритма.

Рассмотрим особенности этих алгоритмов, при этом получаемое в результате применения алгоритма решение задачи обозначим через x^0 .

Основная идея переборного алгоритма заключается в том, чтобы из имеющейся последовательности изделий, составляющих направление техники нового поколения, перебрать все возможные варианты, образующие подмножества из исходного множества изделий. Это может быть выполнено при помощи процедуры $P(l, L)$, осуществляющей формирование подмножеств мощностью l из множества мощностью L .

Модуль $P(l, L)$ на каждой итерации осуществляет генерацию подмножеств, строя таким образом общее количество вариантов решения. Следовательно, данная процедура осуществляет построение очередного варианта сочетаний.

Шаг 0. Находим количество индексов i , для которых выполняется условие

$$\sum_{i=1}^N a(i, j) \geq 1, \text{ если обозначить это число через } m', \text{ то возможны следующие варианты:}$$

$m' < m$ – тогда процесс вычислений прекращается, так как в этом случае рассматриваемая задача не будет иметь решения;

$m' \geq m$ – в этом случае процесс решения продолжается.

Шаг 1. Принимаем новое значение для переменной n : $n = N + 1$.

Шаг 2. Устанавливаются новые параметры для модуля $P(m, M)$.

Шаг 3. Выполняется следующая итерация по созданию очередного варианта решения рассматриваемой задачи. В данном случае возможны два варианта:

- создается очередное подмножество возможного решения; в этом случае осу-

осуществляется переход к следующему шагу алгоритма;

- очередное подмножество не может быть создано, так как все комбинации уже рассмотрены; в этом случае осуществляется переход к шагу 8.

Шаг 4. Проверяем выполнение условия $n \geq 1$:

- если оно выполняется, то устанавливаем новое значение $n = n - 1$ и выполняем переход к следующему шагу;

- если условие $n \geq 1$ не выполняется, то происходит переход к шагу 8.

Шаг 5. Рассматривается следующий вариант генерации подмножеств, когда модуль выполняется со следующими параметрами $P(n, N)$.

Шаг 6. Выполнение модуля $P(n, N)$ при заданных параметрах. При этом возможны два варианта:

- создается очередное подмножество возможного решения; в этом случае осуществляется переход к следующему шагу алгоритма;

- очередное подмножество не может быть создано, так как все комбинации уже рассмотрены; в этом случае изменяем значение n на единицу, то есть $n = n + 1$ и переходим к шагу 3.

Шаг 7. Осуществляем проверку выполнения условий (следует напомнить, что таких условий будет l): $\sum_{i=1}^n a(i_k, j_l) \geq l, n = 1 \dots l$.

В том случае, когда все l условий будут выполняться, то происходит переход к шагу 4; если же хотя бы одно условие не выполняется, то переходим к шагу 6.

Шаг 8. Окончание работы алгоритма и формирование решения, определяющего количество базовых представителей поколения техники.

Трудоемкость рассматриваемого алгоритма при решении задачи 1 составит: $V = 2^N C_m^M$ операций. Именно поэтому рассматриваемый алгоритм применим в случае относительно невысокой размерности задачи, когда будет выполняться следующее условие N, m или разность $(M - m) \sim 10 - 30$.

В том случае, когда переборный алгоритм не позволяет получить решение за приемлемое время, предлагается использовать приближенный (декомпозиционный) алгоритм.

Основная идея декомпозиционного алгоритма заключается в том, чтобы свести решение исходной задачи большой размерности к решению последовательности задач более малой размерности, позволяющих применить переборный алгоритм.

Такие задачи малой размерности формируются из исходной по следующим правилам: задача малой размерности получается за счет формирования на базе исходных множеств $I_M = \{1, 2, \dots, M\}$ и $J_N = \{1, 2, \dots, N\}$, подмножеств I', Y' и $m' \leq m$. В этом случае требуется решить задачу меньшей размерности $D(I', J', m')$, с ограничениями: $\sum_{j \in Y'} x_j a_{ij} \geq y_j; \sum_{i \in I'} y_i = m; J' \in \{J_1, J_2, \dots, J_k\}$.

Данные ограничения используются вместо соотношений (17), (18) исходной задачи. Так как декомпозиционный алгоритм предполагает итерационное решение задач меньшей размерности, то при его описании будем использовать понятие этапа решения, а каждый этап может быть разбит на шаги. Описываемый алгоритм насчитывает 6 этапов.

Этап 1. Выбор значений k и n_0 из множества целых чисел.

Этап 2. Формирование на базе множества M_N непустых подмножеств $(J_1, J_2, \dots, J_k)$. Таких подмножеств должно быть сформировано k причем их мощность не должна превышать величины n_k .

Этап 3. Аналогично разбиваем и множество I_M , но в данном случае возможно

появление и пустых подмножеств.

Этап 4. Находим целые числа m_e , которые следующим условиям:

$$0 \leq m_e \leq |I_e|, e=1...k, \sum_{i=1}^k m_{ie} = m.$$

Этап 5. Полученное множество задач меньшей размерности $D(I_e, J_e, m_e)$ решается при помощи точного алгоритма, основанного на процедуре полного перебора.

Этап 6. Формирование окончательного решения поставленной задачи на базе объединения полученных решений задач меньшей размерности. При этом полученное решение может быть скорректировано путем исключения из него некоторых элементов.

Решение задач 18 предполагает использование алгоритмов, построенных на основе пороговой схемы. В данном случае вводится пороговое значение t_0 , которое будет совпадать с одной из известных величин t_j ($j=1, N$). Таким образом получаем задачу $D(t_0)$, которая будет совпадать с задачей $D[I_M, J(t_0), m]$. В этом случае подмножество $M(t_0)$ будет определяться из соотношения вида: $J(t_0) = \{j | t_j < t_0\}$.

Предлагаемый алгоритм будет состоять из двух этапов.

Этап 1. Располагаем величины t_j в порядке, обеспечивающем выполнение условия: $t_{j_1} \leq t_{j_2} \leq \dots \leq t_{j_N}$.

Этап 2. Осуществляется выполнение последовательности действий, которая может быть представлена в виде следующих шагов.

Шаг 0. Фиксируем начальное значение t_0 и находим решение задачи $D(t_0)$, то есть для задачи первого типа находим решение x^0 .

Общий шаг. Осуществляем сравнение полученных значений целевой функции, то есть $f_1(x^0)$ и $f_1[x(t_0)]$. В данном случае $x_0(t_0)$ будет являться решением для задачи $D(t_0)$, позволяющем найти корректирующую поправку для величины t_0 . При этом при $t_0=t_{j_k}$ возможны два случая:

если $f_1(x^0) > f_1[x(t_0)]$ устанавливаем значение $t_0=t_{j_{k-1}}$;

в том случае если $f_1(x^0) \leq f_1[x(t_0)]$ или решаемая задача $D(t_0)$ является недопустимой, считаем $t_0=t_{j_{k+1}}$.

Осуществив корректировку значения t_0 , приступаем к решению задачи $D(t_0)$.

Процесс осуществления вычислений может быть завершен при помощи двух правил.

Правило 1. В том случае, когда при нулевом шаге значение переменной t_0 принимает значение $t_0=t_1$, а на общем шаге $l=1$. В этом случае общий шаг выполняется до тех пор, пока не будет выполнено условие $f_1(x^0) \leq f_1[x(t_0)]$.

Правило 2. Если на нулевом шаге переменная t_0 будет принимать значение $t_0=t_{[N/2]}$, а на общем шаге r , $l=[N/2r]$. Прекращение вычислений происходит на шаге, для которого $l=0$.

Следовательно, и при решении задачи второго типа могут быть использованы переборный и декомпозиционный алгоритмы, описанные ранее.

Таким образом, *представлен комбинированный алгоритм решения задачи выбора базового представителя направления развития организационных систем в технике и технологии, отличающийся точным переборным решением для малой размерности или последовательной декомпозицией множества представителей на несколько подмножеств, к каждому из которых применяется точный алгоритм, для большой размерности, и обеспечивающий определение базового представителя, наиболее полно соответствующего функциональным, конструктивным и технологическим признакам поколения.*

Для решения проблемы определения количества новых технологий, подлежащих переносу на новое изделие, рассмотрена **модель классификации и планирования уникальных изделий**, подлежащих обязательному включению в набор отбираемых технологий в инновационных организационных системах.

Пусть: $P = \{p_i\}_{i=1}^m$, где $p_i \in R^n$ — набор ключевых характеристик, определяющих предикторы уникальных изделий. Вектор $q_i \in R^n$ характеризует регистрируемые данные: необходимо минимизировать $\rho(p, q) \rightarrow \min_i$, где: ρ — некоторая метрика. Пусть $\Pi(P)$ — множество всех непустых подмножества P . Среди точечно-множественных отображений $F: P \rightarrow \Pi(P)$ выделим систему $\{F_a\}_{a \in N}$, реализующую разбиение множества P на классы $\{F_a(p)\}_{a \in N}$ такие, что:

$$\forall p_1, p_2 \in P : p_1 \neq p_2 \Rightarrow (F_a(p_1) = F_a(p_2)) \vee (F_a(p_1) \cap F_a(p_2) \neq \emptyset) \quad (19)$$

$$\bigcup_{p \in P} F_a(p) = P. \quad (20)$$

Среди отображений, удовлетворяющих соотношениям (19) и (20), выделим те, для которых:

$$\forall p_1, p_2 \in P : \rho(p_1, p_2) \leq \varepsilon = F_a(p_2), \quad (21)$$

и обозначим эти отображения $\{F_1^\varepsilon, F_2^\varepsilon, \dots\}$.

Заметим, что отображение $\{F_a^\varepsilon\}_{a \in N}$ генерирует классы $\{F_a^\varepsilon(p)\}$, состоящие из признаков, принадлежащих некоторой окрестности ε .

Допустим, нам нужна точность классификации, обозначим ее как ε' . Если (ε') превосходит ε , то для корреляционной классификации нужно провести сравнение вводимого вектора лишь с определенным количеством эталонных векторов, а именно N , где:

$$N = \min(F_a^\varepsilon) = \min_{F_a^\varepsilon} \text{card}\{F_a^\varepsilon(p)\}_{p \in P}. \quad (22)$$

Суть этого утверждения заключается в том, что каждая точка $p_i \in F_a^\varepsilon(p)$ может быть представлена вектором q , при этом все векторы p находятся в достаточно малой близости друг от друга. Далее будет доказано, что подмножества $\{F_a^\varepsilon(p)\}$, отвечающие условию (22), служат отправной точкой для более точного разбиения, если ε' превышает ε .

Для достижения желаемого результата при выполнении условия ε' превосходящего ε , требуется оптимизировать функционал, представленный формулой:

$$N = \min_{F_a^\varepsilon} N(F_a^\varepsilon) = \min_{F_a^\varepsilon} \text{card}\{F_a^\varepsilon(p)\}_{p \in P} + \max_{p \in P} \text{card } F_a^\varepsilon(p). \quad (23)$$

Рассмотрим построение целевой функции для задач кластеризации с заданной иерархической структурой и фиксированным количеством уровней:

$$N = \min_{F_a^\varepsilon} N(F_a^\varepsilon) = \min_{F_a^\varepsilon} \left(\sum_{i=1}^{m-1} \max_{p \in P} \text{card}\{\tilde{F}^i(p)\}_{p \in \tilde{F}^{i-1}(p)} + \max_{p \in P} \text{card } \tilde{F}^b(p) \right), \quad (24)$$

где: $F_a^\varepsilon = \tilde{F}^m(\tilde{F}^{m-1}(p)) = \tilde{F}^{m-1} \otimes \tilde{F}^{m-2}(\tilde{F}^{m-3}(p)) = \tilde{F}^m \tilde{F}^{m-1} \dots \tilde{F}^1(\tilde{F}^0(p)) = \prod_{i=1}^m \tilde{F}^i(\tilde{F}^{i-1}(p))$ — композиция точечно-множественных отображений $\tilde{F}^i$, удовлетворяющих (21)-(24).

При описании алгоритма с помощью многоточечных и точечных отображений, задача сводится к созданию последовательности сужающих отображений.

$$\Phi_k|_{\Gamma_k^j} : \Gamma_k^j \rightarrow \Pi(\Gamma_k^j)$$

Алгоритм точечно-множественных отображений

Шаг I. $\Phi_k(p) = \bigcup p_i^j, p_i^j = \arg \max_{p_i \in \Gamma^j} \text{card}\{p_i \oplus \varepsilon B^n\}$

где: B^n — шар заданного радиуса в пространстве R^n

Шаг II. $\Gamma_k^j = P \setminus \Phi_0(p) \setminus \Phi_1(p) \setminus \dots \setminus \Phi_{k-1}(p)$;

$$\Phi_0(p) = \emptyset, \kappa = \overline{1, K}, K: \Gamma_{K+1}^1 = \emptyset;$$

$$\Gamma_k^{j+1} = p_i^j \oplus \varepsilon B^n \setminus \{p_i^j\}, j = \overline{1, l_k}, l_k: \Gamma_k^{l_k+1} = \emptyset$$

Алгоритм выдает результат в виде множественных точечных отображений: $F_a^\varepsilon = \bigcup \Phi_k$. В определенный момент, при рассмотрении шага 1, возможно возникновение ситуации, когда: $\exists p_1, p_2 \in \Gamma_k^j : p_1 \neq p_2$,

также возможно, что справедливы и такие соотношения:

$$\text{card}\{p_1 \oplus \varepsilon B^n\} = \text{card}\{p_2 \oplus \varepsilon B^n\} = \max_{p_i \in \Gamma_k^j} \text{card}\{p_i \oplus \varepsilon B^n\}$$

Для определения наилучшего способа отображения данных требуется внедрить логику разветвления. В другом ракурсе, обратим внимание на некоторые подмножества, которые: $F_{a'}^\varepsilon \in \text{Max}(\{F_a^\varepsilon\}, <)$, $F_a^\varepsilon(p_1) \cap F_a^\varepsilon(p_2) \neq \emptyset$ (25)

Следовательно, можно утверждать с уверенностью, что существует $\alpha \in N$, что:

$$F_{a'}^\varepsilon \in \text{Max}(\{F_a^\varepsilon\}, <).$$

А эту интерпретацию $F_{a'}^\varepsilon$ можно сформулировать следующим образом:

$$F_{a'}^\varepsilon(p_1) = F_a^\varepsilon(p_1) \cup \{p_2\};$$

$$F_{a'}^\varepsilon(p_2) = F_a^\varepsilon(p_2) \setminus \{p_2\};$$

$$F_{a'}^\varepsilon(p_3) = F_a^\varepsilon(p_3) \vee (p_2) \notin F_a^\varepsilon(p_1) \cup \{p_2\}. \quad (26)$$

Из максимального класса $\text{Max}(\{F_a^\varepsilon\}, <)$ исключить точечно-множественные отображения невозможно, так как они не оказывают влияния на количество классов признаков $\text{card}\{F_a^\varepsilon(p)\}_{p \in P}$.

В алгоритме, корректное определение путей ветвления в процедурах 1 и 2 обеспечивает нахождение всех возможных множественных отображений, максимально полно покрывающих заданный диапазон, при условии, что эти отображения отвечают критериям точности в ε -эквивалентности. Этот результат позволяет минимизировать (23) или в более общем случае (24) разбиением $F_a^\varepsilon \in \text{Max}(\{F_a^\varepsilon\}, <)$.

Таким образом, *разработана модель классификации и планирования уникальных изделий, подлежащих обязательному включению в набор отбираемых технологий в инновационных организационных системах, что позволяет снизить риск невыполнения заказов в срок за счет предварительной кластеризации продукции и использования моделей определенно-вероятностного планирования.*

Далее, рассмотрим степень влияния важности отбираемых технологий, а также их влияние на внедрение инновации, чтобы максимизировать получаемый доход от внедрения новшества.

Рассмотрим модель формирования заказа с использованием уникальных технологий двумя агентами с неполной информированностью. Пусть система, выступающая в роли центра, заказывает у определенного агента некоторые работы, например разработку программного обеспечения. При этом работы выполняются в некотором объеме $x \in X$, где $X = [0; \infty)$. Затраты выражаются формулой: $\frac{x^2}{c} = \frac{x^2}{2}$

Доход центра зависит от объема произведенных работ и степени важности ин-

новаций следующим образом:

$$\Pi = \sqrt{2\theta \cdot x} \quad (27)$$

где θ - известный только центру его тип, $\theta \in [0; \infty)$.

Для упрощения дальнейших математических вычислений далее будет использоваться следующая запись дохода центра:

$$\Pi = 2\theta_0 \sqrt{2\theta_0 x},$$

которая может быть получена из первоначальной математической заменой $\theta = 2\theta_0$.

Целевая функция центра при отсутствии неопределенности является разностью между его доходом Π и размером вознаграждения исполнителю σ :

$$F = \Pi - \sigma = 2\theta_0 \sqrt{\theta_0 \cdot x} - \sigma. \quad (28)$$

Центр делегирует определение объема работ x и размера вознаграждения σ двум агентам. Интересы агентов совпадают с интересами центра. Однако представления агентов о типе центра θ_0 могут отличаться от реального значения. Обозначим представление первого агента о типе центра θ_1 , а второго агента – θ_2 , $\theta_i \in [0; \infty)$, $i=1,2$. Если агенты не получают дополнительной информации, то они действуют, пользуясь только своими представлениями. Первый агент выбирает оптимальный с его точки зрения объем работ и инноваций, считая, что вознаграждение компенсирует затраты на выполнение работ. Второй агент в рамках своих представлений считает, что заказан объем:

$$x^{**} = \arg \max_{x \in X} (2\theta_2 \sqrt{\theta_2 x} - \frac{x^2}{2}).$$

Центр предлагает вознаграждение исполнителю, компенсирующее затраты на выполнение объема x^{**} . Введем обозначения θ_{12} - представление первого агента о представлении второго агента о типе центра и θ_{21} - представление второго агента о представлении первого агента о θ_0 . Представления агентов подписаны на Рисунке 4.

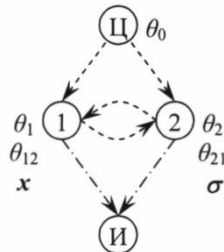


Рисунок 4 – Возможные направления передачи информации

Таким образом, реальный тип θ_0 изначально знает только центр. Задача центра - максимизировать свою целевую функцию. Тогда целевую функцию центра с учетом неопределенности можно записать следующим образом:

$$F = (1-p)^s F = (1-p)^s (2\theta_0 \sqrt{\theta_0 x} - \sigma). \quad (29)$$

Агенты действуют в интересах центра, можно сказать, что они получают выигрыш, пропорциональный выигрышу центра. То есть целевая функция агентов выглядит следующим образом:

$$f_i = \beta_i (1-p)^s (2\theta_i \sqrt{\theta_i x} - \sigma), i = \{1,2\} \quad (30)$$

где β_i - «доля» агента в прибыли, конкретное значение которой не важно для дальнейшего рассмотрения; θ_i . - тип центра в представлении i-го агента, равный θ_0 , если агент обладает информацией о реальном типе центра или θ_i в противном случае, когда агент вынужден пользоваться своими представлениями.

Центр сообщает информацию обоим агентам

Результирующая сеть, соответствующая рассматриваемой ситуации, представлена на Рисунке 5.

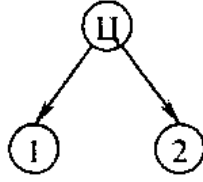


Рисунок 5 – Граф информированности для ситуации II

После сообщения центра агенты корректируют свои представления и вычисляют оптимальные параметры, исходя из адекватных представлений:

$$x^* = \arg \max_{x \in X} (2\theta_0 \sqrt{\theta_0 x} - \frac{x^2}{2}) = \theta_0. \quad (31)$$

Так как второй агент также знает реальный тип центра, он выберет оптимальный размер компенсации, равный:

$$\sigma^* = \frac{x^{*2}}{2} = \frac{\theta_0^2}{2}$$

В этой ситуации центр получит максимальную прибыль. Однако исполнитель согласится на предложенный контракт, только если не произошло утечки; в противном случае выигрыш центра будет нулевым. Подставляя x^* и σ^* в выражение (31), получаем ожидаемый выигрыш центра:

$$F = (1-p)^2 \cdot \frac{2}{3} \theta_0^2 \quad (32)$$

Первый агент, получив информацию, решает, передавать ли информацию второму агенту. То есть возможны два случая:

а. Первый агент не передает информацию второму агенту

Сеть, образующаяся в данной ситуации, представлена на Рисунке 6.

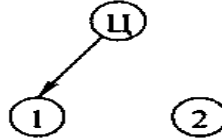


Рисунок 6 – Граф информированности для ситуации а

В этом случае первый агент адекватно информирован о типе центра, в то время как в представлении второго агента тип равен θ_2 . Таким образом, объем работ, определенный первым агентом, будет равен:

$$x^* = \arg \max_{x \in X} (2\theta_0 \sqrt{\theta_0 x} - \frac{x^2}{2}) = \theta_0. \quad (33)$$

Вознаграждение, определяемое вторым агентом, будет вычисляться исходя из неверных представлений о типе центра, и будет равно:

$$\sigma^* = \frac{\theta_0^2}{2}$$

Так как только один из агентов получил информацию, то вероятность утечки равна p . Таким образом, ожидаемый выигрыш центра, согласно (33), составит:

$$F = (1-p) \left(2\theta_0^2 - \frac{\theta_2^2}{2} \right) \quad (34)$$

При этом затраты исполнителя на выполнение заказанного объема определяются формулой (31) и равны:

$$c = \frac{x^{*2}}{2} = \frac{\theta_0^2}{2}$$

что может оказаться больше σ^* . В этом случае работы произведены не будут. Чтобы этого не произошло, должно выполняться условие $\theta_0 < \theta_2$

б. Первый агент сообщает информацию второму

Сеть, соответствующая данной ситуации информированности, представлена на Рисунке 7.

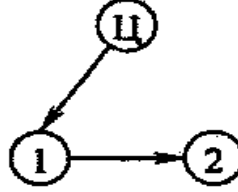


Рисунок 7 – Граф информированности для ситуации IIIб

Этот случай полностью аналогичен варианту, когда центр сообщает информацию сразу обоим агентам. Оба агента адекватно осведомлены о типе центра и вероятность утечки максимальна. Ожидаемый выигрыш центра определяется выражением (34).

Принятие решения первым агентом

Остался нерешенным вопрос, какой же из этих двух вариантов выберет первый агент. Так как интересы агентов и центра совпадают, то первый агент будет максимизировать ожидаемую полезность центра. Однако первый агент считает, что в представлении второго агента тип центра равен θ_{12} . То есть в представлении первого целевая функция второго агента согласно (34) равна:

$$f_2 = \beta_2(1-p)^s(2\theta_{12}\sqrt{\theta_{12}x} - \sigma),$$

При такой целевой функции второй агент выберет компенсацию:

$$\sigma = \frac{\theta_{12}}{2}$$

и выигрыш центра составит:

$$F = (1-p)\left(2\theta_0^2 - \frac{\theta_{12}^2}{2}\right)$$

В случае передачи информации имеет место случай полной информированности, и ожидаемый выигрыш определяется выражением (34). Итак, сравнивая описанные варианты, делаем вывод, что первый агент будет передавать информацию второму, если выполнено неравенство:

$$(1-p)^2 \cdot \frac{2}{3} \theta_0^2 > (1-p)\left(2\theta_0^2 - \frac{\theta_{12}^2}{2}\right)$$

Из этого неравенства получается следующее условие для представления θ_{12}

$$\frac{\theta_{12}}{\theta_0} > \sqrt{3p+1}$$

Таким образом, при выполнении неравенства (34) первый агент передаст информацию второму, то есть реализуется ситуация IIIб, иначе будет реализована ситуация IIIа. Для решения задачи с конкретными параметрами, очевидно, нужно выбрать вариант с максимальным ожидаемым выигрышем центра. Если в конкретном

примере оптимален вариант I или II, то есть если среди выражений (31), (32), (33), (34) максимальное значение принимает (33) или (34) соответственно, то оптимальной стратегией центра будет реализация этого варианта.

Таким образом, *построена модель учета важности отбираемых технологий и учета интегрального эффекта от внедрения данной инновации, позволяющая максимизировать доход за счет формирования области компромисса по целевым функциям центра и агентов.*

Глава 5 фокусируется на проблемах управления рисками при решении задач инновационного развития организационных систем в технике и технологии.

Инновационные организационные системы, подлежащие исследованию, весьма разнообразны по своей структуре, сложности, конкретному назначению и обладают большим разнообразием. Разберем случай, когда транзакты, поступившие в систему и заставшие обслуживающий механизм занятым, не покидают ее, а задерживаются, образуя очередь. Пусть промежутки времени между моментами поступления последовательных транзактов — взаимно независимые одинаково распределенные случайные величины, реализации которых можно рассматривать как реализации некоторой случайной величины ξ . Для того чтобы полностью охарактеризовать систему в каждый момент времени, необходимо задание трех ее временных характеристик. Будем считать, что при значении выходного сигнала $x_1(t)$ автомата A_1 равном 1, через одну единицу времени (в момент $t + 1$) поступит очередной транзакт. Далее, $x_2(t) = 1$ лишь в том случае, если обслуживающий механизм свободен в момент t или освободится к моменту времени $t + 1$. Выходной сигнал $x_3(t)$ равен 1, если в момент t в очереди имеются транзакты. На основании такого выбора состояния автоматов и значений выходных сигналов систему функций выходов можно представить в следующем виде (Таблица 1):

Таблица 1 – Система функций выходов

	1
$x_1(t)$	$a_1(t) \leq 1$
$x_2(t)$	$a_2(t) \leq 1$
$x_3(t)$	$a_3(t) > 0$

Структурный граф модели изображен на Рисунке 8.

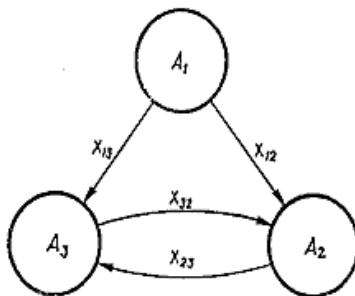


Рисунок 8 – Структурный граф модели

Матрица алфавитов имеет вид (Таблица 2).

Таблица 2 – Матрица алфавитов

Р	Д	Д
Θ	Н	Д
Θ	Д	Н

Таблица 3, устанавливающую соответствие между высказываниями и функционалами, назовем таблицей условных функционалов переходов (ТУФП) можно представить в таком виде:

Таблица 3 – Таблица условных функционалов переходов

A_1	$a_1(t) > 1$	$a_1(t) \leq 1$	
	$a_1(t) - 1$	ξ	
A_2	$a_2(t) > 1$	$a_2(t) \leq 1 \wedge x_1(t) + x_3(t) > 0$	$a_2(t) \leq 1 \wedge x_1(t) + x_2(t) = 0$
	$a_2(t) - 1$	η	0
A_3	$u_1(t) + x(t)$		

Блокировка входящего потока транзактов. В каждый момент времени t входящий поток, на который не действует блокировка, может быть заблокирован в течение промежутка времени случайной длительности γ с вероятностью p ($0 < p < 1$) или не заблокирован с противоположной вероятностью. Для определенности обозначим через τ двоичную случайную величину с распределением $\{1-p, p\}$. В момент окончания действия блокировки на вход поступает очередной клиент, и далее система продолжает функционировать нормально.

Блокировка обслуживающего механизма. Блокировка (выход из строя) происходит после отработки обслуживающим механизмом случайного количества β рабочих единиц времени. Время простоя в эту величину не входит. После выхода механизма из строя в течение случайного времени α происходит его восстановление (ремонт). Далее продолжается обслуживание транзакта, прерванное в момент выхода механизма из строя.

Основная часть модели состоит из шести автоматов, которые обозначим $A_1, A_2, \dots, A_6$. Автоматы индикатора (их три) обозначим буквой U с соответствующим индексом.

Построим систему функции выходов для двоичных сигналов (Таблица 4):

Таблица 4 – Система функции выходов для двоичных сигналов

	1
$x_1(t)$	$a_1(t) = 1$
$x_3(t)$	$a_3(t) > 0$
$x_5(t)$	$a_5(t) = 1$
$x_6(t)$	$a_6(t) = 1$

Для автоматов индикатора функции выходов уже определены путем принятия

предположения об их тождественности состояниям соответствующих автоматов. Для упрощения записи ТУФП введем промежуточные величины: $y_1(t)$ — величина, равная 1, если в момент времени $t + 1$ должен поступить транзакт за счет прекращения действия блокировки, и равная 0 в противном случае; $y_2(t)$ — величина, равная 1 в том случае, если в момент времени $t + 1$ обслуживающий механизм способен принять одного транзакта, включая и тот случай, когда действует блокировка этого механизма, и 0 в остальных случаях; $z(t)$ — суммарное количество транзактов, находящихся в очереди в момент t либо поступающих в систему в этот момент времени в порядке нормального течения входящего потока или ввиду прекращения действия блокировки.

Для вычисления значений промежуточных величин имеем следующие формулы:

$$\begin{aligned} y_1(t) &= \begin{cases} 1 & \text{при } x_4(t) = 1, \\ 0 & \text{при } x_4(t) \neq 1; \end{cases} \\ y_2(t) &= \begin{cases} 1 & \text{при } x_2(t) = 0 \text{ или } x_2(t) = 1 \text{ и } x_5(t) = 0, \\ 0 & \text{при } x_2(t) = 2 \text{ или } x_2(t) = 1 \text{ и } x_5(t) = 1. \end{cases} \end{aligned} \quad (35)$$

Выражение для $y_2(t)$, как нетрудно убедиться, можно переписать в более простом виде:

$$y_2(t) = \begin{cases} 1 & \text{при } x_2(t) + x_5(t) \leq 1, \\ 0 & \text{при } x_2(t) + x_5(t) \geq 2, \end{cases} \quad (36)$$

или

$$y_2(t) = 1 - \max\{0, \min\{1, x_2(t) + x_5(t) - 1\}\}. \quad (37)$$

Рассмотрим полученный вариант подробнее.

Автомат A_1 . Если в момент t блокировка входящего потока не действует и до поступления очередного транзакта остается промежуток времени, превышающий единицу, то естественно, что состояние автомата за единичный промежуток времени уменьшится на единицу, т.е.

$$a_1(t + 1) = a_1(t) - 1 \text{ при } x_4(t) = 0 \text{ и } a_1(t) > 1. \quad (38)$$

Автомат A_2 . Что касается изменения состояния этого автомата то возможны три результата:

1) состояние автомата уменьшится на величину, противоположную значению сигнала $x_5(t)$, т. е.

$$a_2(t + 1) = a_2(t) - (1 - x_5(t)) = a_2(t) + x_5(t) - 1 \quad (39)$$

2) начнется обслуживание очередного транзакта, т.е. в момент $t + 1$ состояние автомата совпадает с одной из реализаций случайной величины η ;

3) в момент $t + 1$ обслуживающий механизм попадет в состояние простоя (будучи исправным или нет), т. е. $a_2(t + 1) = 0$.

Автомат A_3 . Исходим из основного принципа формирования очереди, изложенного выше. В этом случае количество прибывающих транзактов (0 или 1) совпадает со значением суммы $x_1(t) + y(t)$. В момент времени t из очереди может убыть (для обслуживания) один транзакт или не убыть ни одного. Эту величину обозначим через $y_2(t)$.

Таким образом, имеем

$$a_3(t + 1) = \max\{0, a_3(t) + x_1(t) + y_1(t) - y_2(t)\}, \quad (40)$$

когда такое убытие происходит.

Автомат A_6 . Рассмотрим случай, когда состояние автомата не изменяется. Очевидно, что это происходит только тогда, когда в момент t отсутствует блокировка обслуживания ($x_5(t) = 0$), обслуживающий механизм простаивает ($x_2(t) = 0$) и остаточная часть безблокировочного периода больше или равна единице. Следовательно, $a_6(t + 1) = a_6$.

В двух остальных случаях состояние автомата может уменьшиться на единицу. Эти случаи такие:

1) блокировка обслуживания имеет место ($x_5(t) = 1$) и остаточное время блокировочного периода превышает единицу;

2) блокировка не действует ($x_5(t) = 0$), обслуживающий механизм занят ($x_2(t) > 0$) и остаточный безблокировочный период превышает единицу.

Таким образом, *разработана автоматная модель сложной системы, как инструмента для анализа и оптимизации организационных систем в технике и технологии, отличающаяся выделением базовой задачи имитационного моделирования, позволяющей из заданного множества значений совокупности регулируемых параметров выбрать такую совокупность этих значений, при которой целевая функция принимает минимальное (максимальное) значение.*

Глава 6 посвящена алгоритмизации оценки компетентности лиц, принимающих решение о редукции множества базовых представителей направления развития.

Рассматривается задача построения оценки компетенции специалистов на основе взаимного обсуждения некоторой актуальной проблемы. Оценка строится на основе результатов текущего обсуждения: чем выше оценка эксперта, полученная в ходе этого обсуждения, тем более значимы его оценки, выставляемые им в ходе этой дискуссии. Предложен алгоритм решения данной задачи для двух случаев: начальные оценки компетенции специалистов отсутствуют и случай, когда имеются сведения о начальном рейтинге каждого из экспертов. Дано правило построения исходной матрицы взаимодействия для второго случая. Предложены два алгоритма для решения этих задач, один из которых основан на методе регуляризации Тихонова.

Определим модельный комплекс параметров состояния развивающейся системы, не учитывая пока предшествующие состояния и фиксируя таким образом состояние развивающейся системы в конкретный момент времени.

Для модельного комплекса параметров допустим состояния системы: S_1 - функционирует с неполной производительностью. Причинами могут быть недостаточное число исполнителей или неработоспособность средств труда; S_2 - не функционирует. Причины - неработоспособность средств труда; S_3 - не функционирует. Причины могут быть организационно-логистическими – на складах нет комплектующих.

Представим состояния элементарно q единицы системы направленным графом. В нем узлы являются состояниями системы S_1 - S_3 , а ребра есть переходные вероятности между состояниями. Такой направленный граф есть по сути снимок траектории системы (Рисунок 9).

Определим коэффициенты λ как усредненное количество соответствующих событий в интервал времени.

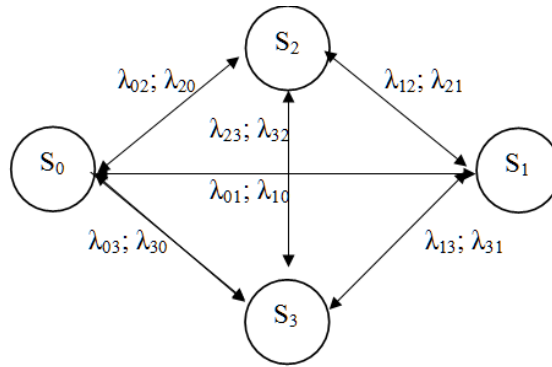


Рисунок 9 – Пример графа состояний организационной системы

Так, например, коэффициенты λ_{02} и λ_{20} представляют собой среднее количество отказов за интервал рабочего времени. Или, например, коэффициенты λ_{03} и λ_{13} характеризуют организационно-логистические проблемы, из-за которых система не функционирует. По сути, уровень технико-технологической и организационно-логистической зрелости организации и задается такими параметрами. Воспользуемся потоковой моделью. Для этой цели представим процедуру оценивания как некий поток, проходящий через граф, характеризующий функционирование системы во времени. Это дает возможность применить к такому графу существующие потоковые алгоритмы.

При этом основным свойством потока является свойство сохранения, которое в общем виде может быть записано в следующем виде: $\sum \varphi_{ij} - \sum \varphi_{ji} = \Delta \varphi_i$, где $\Delta \varphi_i$ – изменение остатка в вершине i .

Учитывая особенности задачи, когда надо построить систему оценивания, остаток потока в произвольной вершине требуется положить равным нулю, то есть $\Delta \varphi_i = 0$. Тогда получим соотношение следующего вида: $\sum \varphi_{ij} = \sum \varphi_{ji}$, то есть поток, входящий в вершину i из других вершин, равен потоку, выходящему из этой вершины в другие вершины. Предположим, что в рассматриваемой сети поток по ребру будет пропорционален разности потенциалов между вершинами инцидентными этому ребру, то есть $\varphi_{ij} = c_{ij} \cdot q_j$

Если использовать свойство сохранения потока по вершинам сети и подставить в него полученное соотношение, то получим выражение:

$$\sum_j c_{ij} q_j = \sum_j c_{ji} q_i = c_i q_i. \quad (41)$$

Имеет место аналог параллельного соединения проводников, поэтому суммарная проводимость такого участка будет равна сумме проводимостей составляющие его ребер. Таким образом, $c_i = \sum_j c_{ij} q_j$. Решение системы уравнений (41) при помощи

матрицы Кирхгофа заключается в нахождении дополнительного минора матрицы Кирхгофа. Если обозначить такой минор через $A_j^i(K)$, то решение системы (41) может быть записано в виде:

$$q_i = A_j^i(K). \quad (42)$$

Для того чтобы получить важность i -го состояния, достаточно полученный потенциал умножить на величину c_i , которая может трактоваться как степень вершины i или суммарная пропускная способность ребер, исходящих из данной вершины, то есть

$$\varphi_i = A_j^i(K) c_i. \quad (43)$$

Одним из основных свойств матрицы Кирхгофа является тот факт, что ее определитель всегда равен нулю, то есть выполняется соотношение вида $\det(K) = 0$. Если расписать систему уравнений (42) в развернутом виде, то становится ясным, что матрица этой системы состоит из матрицы смежности исходного графа взаимодействия участников сообщества все компоненты, которой взяты с обратным знаком, на главной диагонали которой будут стоять степени вершин.

Утверждение 4. Матрица балансового уравнения потока при описании возможных состояний организационной системы будет лапласианом, а, следовательно, имеет определитель, равный нулю. Ранг r такой матрицы будет равен $r=n-1$.

Утверждение 5. Задача, в которой начальный поток в каждой из вершин графа состояния отсутствует, сводится к решению однородной алгебраической системы линейных уравнений.

Следствие. Так как матрица, описывающая взаимодействие участников экспертного сообщества, представляет собой лапласиан с рангом равным $r=n-1$, то решение соответствующей однородной системы уравнений (43) будет определяться с точностью до одной постоянной.

Это дает возможность предложить следующий алгоритм вычисления потенциалов вершин рассматриваемого графа.

Предварительный шаг. В матрице Кирхгофа заменяем первую строку строкой вида: $(1, 0, \dots, 0)$

1 шаг. Осуществляем обращение полученной на предварительном шаге матрицы.

2 шаг. Вычисляем определитель этой матрицы. В данном случае для проверки можно использовать свойство определителей прямой и обратной матриц $\det(A^{-1}) = \frac{1}{\det(A)}$.

3 шаг. Необходимо разделить значения обратной матрицы, находящиеся в первой колонки на определитель обратной матрицы. Компоненты полученного вектора и будут составлять потенциалы вершин графа: $q_i = \frac{a_{1i}}{\det(A^{-1})}$,

где a_{1i} - значения первого столбца обратной матрицы.

Итак, *предложен алгоритм оценки компетентности лиц, принимающих решение о редукции множества базовых представителей направления развития, отличающийся адаптивным учетом начальной оценки компетенции с использованием метода регуляризации Тихонова и обеспечивающий выбор параметра регуляризации на основе искомого решения.*

Глава 7 посвящена описанию структуры программного комплекса для формирования эффективных стратегий реализации инновационных проектов. Рассмотрим общую структуру управления разработанными программными средствами.

Автором разработаны следующие программные продукты для информационной поддержки деятельности должностных лиц предприятий при решении производственных задач:

1. Программа расчета показателей рисков при реализации инновационных проектов. (Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2024615678). Обеспечивает функционирование разработанной динамической модели оценки рисков на основе марковских случайных процессов при управлении развивающимися организационными системами.

2. Программа расчета пропускной способности системы двухканального

обслуживания с обменом и повторными заявками. (Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2024615689). Обеспечивает функционирование разработанного алгоритма оценки компетентности лиц, принимающих решение о редукции множества базовых представителей направления развития.

3. Программа для календарного планирования проекта с рекомендательными зависимостями между работами. (Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2024684526). Обеспечивает функционирование разработанных: модели классификации и планирования уникальных изделий, подлежащих обязательно включению в набор отбираемых технологий и модели учета важности отбираемых технологий и учета интегрального эффекта от внедрения данной инновации.

4. Автоматизированная система поддержки согласованного управления собственными средствами в проектах, финансируемых и реализуемых объединением субъектов. (Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2024684902). Обеспечивает функционирование разработанных моделей поколений инновационного развития.

5. Двухэтапное управление инновационными проектами. (Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2025611114). Обеспечивает функционирование разработанных: многокритериальной модели задачи выбора базового представителя направления развития и автоматной модели сложной системы.

Информационная система для программного комплекса для формирования эффективных стратегий реализации инновационных проектов строится на основе конфигуратора 1С.ERP, т.к. он в полной мере отвечает всем требованиям, предъявляемым к подобным системам. Учитывая, что в работе имеются результаты, основанные на базе имитационных и автоматных моделях, Марковских процессах целесообразно использование системы имитационного моделирования GPSS World (студенческая версия); в качестве языков для проведения задач аналитики данных используется Python в среде Google Colab; расчеты показателей при выборе представителя модельного ряда в среде – Matlab и наконец, используются системы управления базами данных PostgreSQL для хранения основных мониторинговых показателей.

Структура информационной поддержки в системе формирования эффективных стратегий реализации инновационных проектов представлена на Рисунке 10.

Системы управления базами данных, содержащих сведения о инновационных технологиях, заказчиках, объектах интеллектуальной собственности и конструкторах предприятия сформированы на базе отечественной СУБД PostgreSQL.

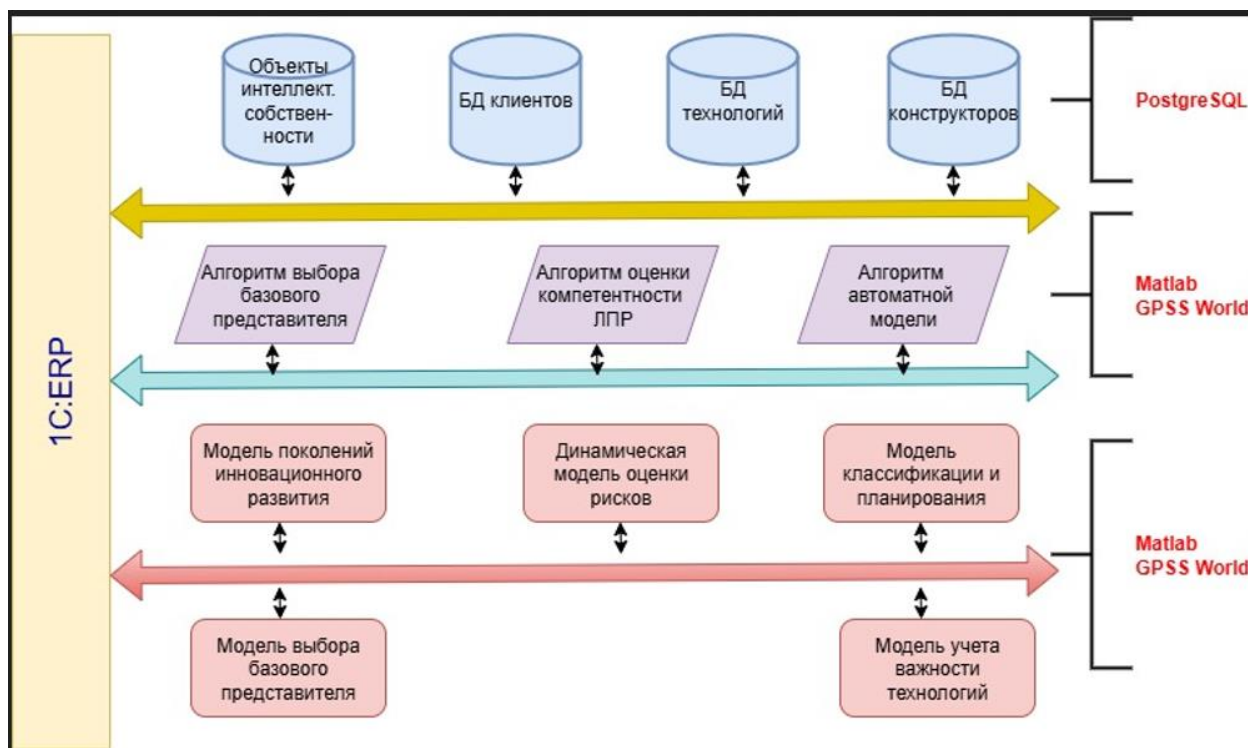


Рисунок 10 – Структура информационной поддержки в системе формирования эффективных стратегий реализации инновационных проектов

Данные расчетов поступают на АРМ соответствующих ЛПР и обеспечивают решение задачи формирования эффективных стратегий реализации инновационных проектов с учетом имеющихся компетенций, типа агентов и области компромисса по требованиям заказчика. Обмен информацией осуществляется на основе конфигура-тора 1C.ERP.

Заключение

В процессе выполнения диссертационного исследования получены следующие основные результаты:

1. Создана концепция развития организационных систем в технике и технологии на основе информационного и промышленного потенциала, обеспечивающая описание информационного потенциала через полученные объекты интеллектуальной собственности, а промышленного потенциала – через производственные функции или иные стандартные методы.
2. Разработана модель поколений инновационного развития организационной системы, обеспечивающая реалистический прогноз продолжительности жизненного цикла поколения инновационного развития системы, определение момента достижения и уровня максимальной интенсивности затрат для прогнозируемых поколений.
3. Предложена многокритериальная модель задачи выбора базового представителя направления развития, обеспечивающая формирование минимального числа базовых представителей для последующего отбора силами ЛПР, минимизацию сроков подготовки новых видов представителей и минимизацию времени реализации базовых представителей.
4. Разработан комбинированный алгоритм решения задачи выбора базового представителя направления развития, обеспечивающий определение базового представителя, наиболее полно соответствующего функциональным, конструктивным и

технологическим признакам поколения.

5. Построена модель классификации и планирования уникальных изделий, подлежащих обязательному включению в набор отбираемых технологий в инновационных организационных системах, позволяющая снизить риск манипулирования информацией структурными единицами за счет предварительной кластеризации и использования технологий определенно-вероятностного планирования.

6. Синтезирована модель учета важности отбираемых технологий и учета интегрального эффекта от внедрения данной инновации, позволяющая максимизировать доход за счет формирования области компромисса по целевым функциям центра и агентов.

7. Разработана общая схема применения автоматной модели, как инструмента для анализа и оптимизации инновационных организационных систем, отличающаяся выделением базовой задачи имитационного моделирования позволяющей из заданного множества значений совокупности регулируемых параметров выбрать такие, при которых целевая функция принимает минимальное (максимальное) значение.

8. Предложена и исследована динамическая модель оценки рисков на основе марковских случайных процессов при управлении развивающимися организационными системами, обеспечивающая оценку вероятности причинения ущерба той или иной степени процессу выполнения проектов, комплексов работ и мероприятий в зависимости от времени как основу для построения системы оптимального управления ходом выполнения проекта.

9. Создан алгоритм оценки компетентности лиц, принимающих решение о редукции множества базовых представителей направления развития, обеспечивающий выбор параметра регуляризации метода регуляризации Тихонова на основе искомого решения.

10. Реализованы и применены на практике элементы созданных моделей и алгоритмов. Применение разработанного программного комплекса в реальной практике различных организаций (акты прилагаются) показало, что разработанные модели и алгоритмы инновационного развития действительно эффективны, и по экспертным оценкам руководителей организаций позволит сэкономить от 5 до 10 % денежных средств, связанных с издержками реализации инновационных проектов.

Рекомендации и перспективы дальнейшей разработки темы

Ключевой вектор развития современности – это переход от теоретико-алгоритмических решений к их промышленной реализации с фокусом на адаптивность, масштабируемость и минимизацию человеко-зависимых решений.

В свете этого рекомендуется сформулировать рекомендации и перспективы дальнейшей разработки темы:

1. Внедрение в информационные системы: результаты исследования рекомендованы для применения в крупных информационных системах с агентной архитектурой с целью: повышения скорости обработки данных; усиления безопасности при управлении инновационными процессами; оптимизации ресурсного планирования в условиях неопределённости.

2. Интеграция разработанных алгоритмов (комбинированного, декомпозиционного, оценки рисков) в промышленные системы управления (ERP, PLM) и адаптация моделей под специфику отраслей с высокой инновационной активностью (машиностроение, сельхозтехника, строительство).

3. Улучшение модифицируемости и реконфигурируемости агентных систем для оперативного реагирования на изменения рынка. Разработка методов динамической настройки параметров моделей в реальном времени (на основе данных IoT, AI).

4. Исследование влияния цифровых двойников на управление жизненным циклом поколений техники. Развитие подходов к снижению субъективности в экспертных оценках через гибридные модели (нейросети + регуляризация Тихонова).

Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

Публикации в изданиях списка ВАК

1. Баркалов С.А., Врублевская С.С., Семенов П.И., **Серебрякова Е.А.** Метод минимизации упущенной выгоды//Системы управления и информационные технологии. 2006. № 3 (25). С. 29-34.

2. Фокина О.М., **Серебрякова Е.А.** Исследование процесса воспроизводства активной части основных фондов на примере строительной организации//Инновационный Вестник Регион. 2015. № 4. С. 80-85.

3. Воротынцева А.В., Провоторов И.А., **Серебрякова Е.А.** Финансирование инвестиций в жилищно-коммунальную сферу на базе механизма частной инициативы в концессиях//Экономика и предпринимательство. 2016. № 3-2 (68). С. 398-401.

4. Баркалов С.А., Моисеев С.И., **Серебрякова Е.А.** Оптимизация распределения и транспортировки ресурсов в сфере сельского хозяйства//Системы управления и информационные технологии. 2022. № 4 (90). С. 26-30.

5. Баркалов С.А., Бурков В.Н., Курочка П.Н., **Серебрякова Е.А.** Формирование поколений новой техники как задача о покрытии множества//Проблемы управления. 2023. № 6. С. 22-32.

6. **Серебрякова Е.А.** Выбор стратегии управления строительными проектами в условиях неопределенности и конфликта интересов//Системы управления и информационные технологии. 2023. № 1 (91). С. 89-95.

7. Золототрубов Д.Ю., Кустов А.И., Никишина А.И., **Серебрякова Е.А.** Динамическая модель преодоления кризисных ситуаций, основанная на нестационарных марковских случайных процессах//Системы управления и информационные технологии. 2023. № 2 (92). С. 39-43

8. **Серебрякова Е.А.** Управление рисками при реализации строительных проектов на основе теории массового обслуживания//Системы управления и информационные технологии. 2023. № 2 (92). С. 95-99.

9. **Серебрякова Е.А.** Методы экспертного оценивания строительных проектов по качественным критериям//Системы управления и информационные технологии. 2023. № 3 (93). С. 38-44

10. Баркалов С.А., Головинский П.А., **Серебрякова Е.А.** Стационарное гибридное обслуживание с обменом заявками в жилищной управляющей компании//Системы управления и информационные технологии. 2023. № 3 (93). С. 70-76.

11. Баркалов С.А., Моисеев С.И., **Серебрякова Е.А.** Модели управления рисками в строительной сфере, основанные на марковских случайных процессах//Системы управления и информационные технологии. 2023. № 4 (94). С. 31-35.

12. Баркалов С.А., Курочка П.Н., **Серебрякова Е.А.** Построение рейтинговой оценки на основе потоковой модели//Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. 2023. Т. 23. № 1. С. 31-41.

13. Barkalov S.A., Burkov V.N., Kurochka P.N., **Serebryakova E.A.** Forming the generations of new technological products as a set covering problem//Control Sciences. 2023. № 6. С. 18-26.

14. Баркалов С.А., Моисеев С.И., **Серебрякова Е.А.** Математическая модель оптимального распределения ресурсов в строительной сфере в условиях их дефици-

та//Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. 2023. Т. 23. № 1. С. 89-99.

15. Баркалов С.А., Моисеев С.И., **Серебрякова Е.А.** Динамическая модель анализа рисков при реализации строительных проектов на основе марковских случайных процессов//Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. 2023. Т. 23. № 2. С. 40-51.

16. Баркалов С.А., Бурков В.Н., Курочка П.Н., **Серебрякова Е.А.** Выбор базовых представителей направления техники нового поколения//Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. 2023. Т. 23. № 3. С. 93-104.

17. Баркалов С.А., Белоусов В.Е., Дорофеев Д.В., Нижегородов К.А., **Серебрякова Е.А.** Информационная модель поддержки процессов управления производственными потоками автоматизированного производства//Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. 2023. Т. 23. № 4. С. 47-56.

18. Артыщенко С.В., Баркалов С.А., Баев С.А., **Серебрякова Е.А.**, Панфилов Д.В. Использование парадокса Монти Холла в задачах управления проектами. Часть I. Оптимальный выбор стратегии повышения инновационного потенциала предприятия//Инженерный вестник Дона. 2023. № 10 (106). С. 664-689.

19. Баркалов С.А., Моисеев С.И., **Серебрякова Е.А.** Модель управления запасами в строительной сфере, основанная на Марковских случайных процессах//Инженерный вестник Дона. 2023. № 2 (98). С. 211-223.

20. Баркалов С.А., Моисеев С.И., **Серебрякова Е.А.** Модели управления ресурсами в сфере строительства//Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2023. Т. 11. № 4 (43).

21. **Серебрякова Е.А.** Методы экспертного оценивания строительных проектов по качественным критериям//Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2023. Т. 11. № 4 (43).

22. Баркалов С.А., **Серебрякова Е.А.** Модель двухканального колл-центра с обменом заявками и повторными звонками//Прикладная математика и вопросы управления. 2023. № 4. С. 136-145.

23. Баркалов С.А., Буркова И.В., Курочка П.Н., **Серебрякова Е.А.** Моделирование инновационного развития фирмы//Вестник Тверского государственного технического университета. Серия: Технические науки. 2023. № 2 (18). С. 49-64.

24. Маркарян А.А., **Серебрякова Е.А.**, Атласов И.В., Красновский Е.Е. Модель гиперсети согласования спроса и предложения информационных услуг//Системы управления и информационные технологии. 2024. № 1 (95). С. 44-52.

25. Баркалов С.А., Моисеев С.И., **Серебрякова Е.А.** Динамическая модель управления инновационными проектами в строительстве//Системы управления и информационные технологии. 2024. № 2 (96). С. 30-34.

26. **Серебрякова Е.А.** Модель оценки проектов в сфере строительства, основанная на теориях нечетких множеств и латентных переменных//Системы управления и информационные технологии. 2024. № 3 (97). С. 43-50.

27. **Серебрякова Е.А.** Управление бизнес-процессами в рамках жизненного цикла организационной системы//Системы управления и информационные технологии. 2024. № 3 (97). С. 87-93.

28. **Серебрякова Е.А.**, Баркалов С.А., Моисеев С.И. Оценка альтернатив: новые подходы принятия решений в условиях определенности//Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». 2024. Т. 24. № 3. С. 90-98.

29. Баркалов С.А., **Серебрякова Е.А.** Имитационная модель двухканальной системы массового обслуживания с обменом и повторными заявками//Прикладная математика и вопросы управления. 2024. № 1. С. 160-172.

30. **Серебрякова Е.А.** Модель управления запасами при реализации строительных проектов, основанная на марковских случайных процессах. Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2024.

31. Баркалов С.А., Курочка П.Н., **Серебрякова Е.А.** Модели теории графов как инструмент моделирования организационных систем // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». 2024. Т. 24, № 4. С. 89–102.

32. Баркалов С.А., Курочка П.Н., **Серебрякова Е.А.** Исследование и оценка неразложимого остатка на степень влияния каждой переменной при факторном анализе//Прикладная математика и вопросы управления. 2024. №2. С 49-67.

33. Баркалов С.А., Курочка П.Н., **Серебрякова Е.А.** Многокритериальная задача формирования поколений новой техники//Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. 2025. Т. 25. № 2. С. 107-119.

34. **Серебрякова Е.А.**, Белоусов А.В. Алгоритм оптимизации сложных организационных систем на основе автоматных моделей//Системы управления и информационные технологии № 3(101), 2025.

Публикации в изданиях, индексируемых в WoS и Scopus

34. Shibayeva M., **Serebryakova Ye.**, Shalnev O. Efficiency improvement of the investment and innovation activities in the transport facility construction field with public-private partnership involvement//IopConference Series: Earth and Environmental Science. 2017. C.012170.

35. Gasilov V., Provotorov I., Karpovich M., **Serebryakova Ye.** Assessment of the impact of transport energy costs on the efficiency of public-private partnership projects//E3S Web of Conferences. 2018 International Science Conference on Business Technologies for Sustainable Urban Development, SPbWOSCE 2018. 2019. C. 02128.

36. Shovunova N., Vorobyev D., Dikareva V., Archakova S.Yu., **Serebryakova E.A.** Development of an assessment methodology for innovation activity of construction enterprises// MATEC Web of Conferences. 2018. C. 01095.

37. Gasilov V., Provotorov I., Karpovich M., **Serebryakova Ye.** Assessment of the impact of transport energy costs on the efficiency of public-private partnership projects// E3S Web of Conferences. 2018 International Science Conference on Business Technologies for Sustainable Urban Development, SPbWOSCE 2018. 2019. C. 02128.

38. Kryuchkova I.V., Smorodina E.P., Belyantseva O.M., **Serebryakova E.A.** Comparative analysis of the criteria for evaluation of complex infrastructure of the socio-economic projects in the context of digitalization//E3S Web of Conferences. 22. Сер. "22nd International Scientific Conference on Energy Management of Municipal Facilities and Sustainable Energy Technologies, EMMFT 2020" 2021. C. 11004.

39. Prykina L., Belyantseva O., **Serebryakova E.** Assessing construction costs for agricultural facilities: organizational and technological strategies// International Scientific Forestry Forum 2023: Forest Ecosystems as Global Resource of the Biosphere: Calls, Threats, Solutions (Forestry Forum 2023). Les Ulis, 2024. C. 03025.

Свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ

40. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ №2024615678. Программа расчета показателей рисков при реализации строительных проектов/Баркалов С.А., Моисеев С.И., Серебрякова Е.А. Зарегистрирована в Реестре программ для ЭВМ 12.03.2024.

41. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ №2024615689. Программа расчета пропускной способности системы двухканального обслуживания с обменом и повторными заявками/Головинский П.А., Баркалов С.А., Серебрякова Е.А. Зарегистрирована в Реестре программ для ЭВМ 12.03.2024.

42. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2024684526. Программа для календарного планирования проекта с рекомендательными зависимостями между работами. Баркалов С.А., Бондаренко Ю.В., Васильчикова Е.В., Моисеев С.И., Серебрякова Е.А. Зарегистрирована в Реестре программ для ЭВМ 17.10.2024.

43. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ №2024684902. Автоматизированная система поддержки согласованного управления собственными средствами в проектах, финансируемых и реализуемых объединением субъектов/Баркалов С.А., Бондаренко Ю.В., Васильчикова Е.В., Серебрякова Е.А. М.: Зарегистрирована в Реестре программ для ЭВМ 22.10.2024г

Монографии

44. Баркалов С.А., Курочка П.Н., Маилян Л.Д., **Серебрякова Е.А.** Оптимизационные модели – инструмент системного моделирования: монография - Москва: ООО «Кредо», 2023.-522с.

45. **Серебрякова Е.А.** Управление строительными проектами методами математического моделирования: монография – Воронеж: ВГТУ, 2024.-160с.

46. Баркалов С.А., Курочка П.Н., Маилян Л.Д., **Серебрякова Е.А.** Ресурсное планирование проектного управления: монография- Москва: ООО «Кредо», 2024.-530с.

47. Азарнова Т.В., Баркалов С.А., Бондаренко Ю.В., Маилян Л.Д., Моисеев С.И., **Серебрякова Е.А.** Математические методы принятия решений. Классические подходы и их развитие: монография – Ростов-на-Дону.:ДГТУ, 2024.-205с.

48. **Серебрякова Е.А.** Концепция поколений модельного ряда в совершенствовании технологий инновационного жизненного цикла организационных систем: монография – Воронеж: Издательство «Научная книга», 2024.-220с.

Прочие статьи и материалы конференций

49. **Серебрякова Е.А.**, Крючкова И.В., Репкина И.В. Vm - моделирование как элемент инновационного развития строительной отрасли//Экономика в инвестиционно-строительном комплексе и ЖКХ. 2019. № 2 (17). С. 102-106.

50. Моисеев С.И., **Серебрякова Е.А.** Применение теории массового обслуживания для учета рисков при управлении строительством//в сборнике: Формирование механизмов устойчивого развития экономики. Сборник трудов III Всероссийской (с международным участием) НПК. Симферополь, 2023. С. 16-19.

51. **Серебрякова Е.А.**, Белоусов А.В., Бутырина Н.А. Моделирование систем массового обслуживания с изменяющимися законами распределения искомых зависимостей//В сборнике: Управление большими системами. сборник научных трудов XIX Всероссийской школы-конференции молодых ученых. Воронеж, 2023. С. 229-236.

52. **Серебрякова Е.А.**, Нгуен Т.Н. Основные подходы к моделированию процессов минимизации очередей транзактов в организационных системах массового обслуживания// Управление большими системами. сборник научных трудов XIX Всероссийской школы-конференции молодых ученых. Воронеж, 2023. С. 237-243.

53. **Серебрякова Е.А.**, Баркалов С.А., Моисеев С.И. Динамическая модель реализации строительного проекта, учитывающая критические риски//Математические методы и информационные технологии в моделировании систем. Материалы VII Всероссийской (национальной) НПК. 2023. с. 43-52.

54. Моисеев С.И., **Серебрякова Е.А.** Управление рисками в строительстве на основе марковских случайных процессов// Общество и экономическая мысль в XXI в.: пути развития и инновации. Материалы XI Международной НПК. 2023. С. 508-512.

55. Баркалов С.А., Моисеев С.И., **Серебрякова Е.А.** Динамическая модель процесса принятия решений в сфере строительства//Проблемы экономики современных промышленных комплексов; Финансирование и кредитование в экономике России: методологические и практические аспекты. Сборник трудов XVI Всероссийской НПК. Памяти профессора Виктора Гавриловича Засканова. Самара, 2023. С. 5-11.

56. Баев С.А., **Серебрякова Е.А.**, Наумова Е.Е., Артыщенко И.С. Обзор понятия инновационного потенциала предприятия//Проектное управление в строительстве. 2023. № 1 (28). С. 38-46.

57. Баркалов С.А., Курочка П.Н., **Серебрякова Е.А.** Модели и методы прогнозного оценивания инженерных решений//Проектное управление в строительстве. 2023. № 1 (28). С. 6-37.

58. Артыщенко С.В., **Серебрякова Е.А.**, Баев С.А., Артыщенко И.С., Радинская Е.И. Инновационный потенциал предприятия: структура, значение, влияющие факторы//Проектное управление в строительстве. 2023. № 2 (29). С. 60-68.

59. Бутырина Н.А., **Серебрякова Е.А.**, Нгуен Т.Н., Чугунов А.В. Информационное обеспечение определения Парето оптимального решения в сложных системах организационного управления//Проектное управление в строительстве. 2023. № 2 (29). С. 94-101.

60. Баркалов С.А., Моисеев С.И., **Серебрякова Е.А.** Применение марковских случайных процессов для управления рисками в строительстве//Математические модели современных экономических процессов, методы анализа и синтеза экономических механизмов; Актуальные проблемы и перспективы менеджмента организаций. Сборник трудов I Международной (XVI Всероссийской) НПК. Самара, 2024. С. 15-21.

61. Баркалов С.А., Моисеев С.И., **Серебрякова Е.А.** Экспертное оценивание качества программного обеспечения на основе теории латентных переменных//Интеллектуальные информационные системы. труды Международной НПК, посвященной 40-летию кафедры САПРИС. Воронеж, 2024. С. 171-174.

62. **Серебрякова Е.А.**, Ларина И.А., Моисеева А.С. Применение методов оптимизации для решения задачи распределения ресурсов в строительстве//Проектное управление в строительстве. 2024. № 1 (30). С. 14-20.

63. **Серебрякова Е.А.** Имитационное моделирование процессов управления сложными организационными системами с использованием автоматов// Экономика и менеджмент систем управления. № 3 (57), 2025.

64. **Серебрякова Е.А.** Алгоритм выделения базовых задач имитационного моделирования при автоматном управлении производственными системами // Информационные технологии моделирования и управления. № 3 (141), 2025.

Учебники и учебные пособия

65. Азбука управления проектами: учебник / Аверина Т.А., Баркалов С.А., Баутина Е.В., Бекирова О.Н., Бурков В.Н., **Серебрякова Е.А.**; под общ. ред. В.Н. Буркова — 2-е изд., перераб. и доп. Старый Оскол: Тонкие наукоемкие технологии, 2024. — 328 с.: ил. ISBN: 978-5-94178-616-9

66. Производственные системы. Часть первая. Понятия, законы, закономерности, свойства, особенности и принципы построения производственных систем: учебно-справочное пособие/ Ахтямова Л.Ш., Баркалов С.А., Карпович М.А., Маилян Л.Д., **Серебрякова Е.А.**, Шевченко Л.В., под общ ред. Баркалова С.А.-Москва: Издательство ООО «РИТМ», 2024.-516с. ISBN:978-5-00208-135-6

67. Календарное, текущее, оперативное планирование: учебное пособие/ Баркалов С.А., Маилян Л.Д., Пелихова А.С., **Серебрякова Е.А.**, под общей редакцией С.А. Баркалова; Донской государственный технический университет. Ростов-на-Дону: ДПУ, 2024.-182с. ISBN:978-5-7890-2241-2

Подписано в печать 22.08.2025 г.

Формат 60х84/16. Бумага для множительных аппаратов.

Усл. печ. л. 1,0. Тираж 80 экз. Заказ №857

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»

394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, д. 84