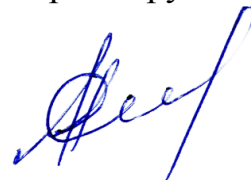


ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ВОРОНЕЖСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

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

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени
доктора технических наук

Научный консультант:
д.т.н., профессор Бурков Владимир Николаевич

Воронеж – 2025

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ КОНЦЕПЦИИ ПОКОЛЕНИЙ МОДЕЛЬНОГО РЯДА В РАМКАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА.....	18
1.1 Задачи инновационного развития организационных систем на основе поколений модельного ряда	18
1.2 Проблемы управления жизненным циклом организационной системы.....	20
1.3 Задача выбора базовых представителей развития организационной системы.....	22
1.4 Проблема учета рисков при управлении развивающимися организационными системами и направления ее решения	25
1.5 Особенности моделирования трудноформализуемых задач экспертной оценки с использованием потоковых алгоритмов	29
1.6 Цель работы и задачи исследования	37
2. КОНЦЕПЦИЯ ПОКОЛЕНИЙ МОДЕЛЬНОГО РЯДА В РАМКАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА	39
2.1 Жизненный цикл и прогнозирование модельного ряда.....	40
2.2 Взаимосвязь информационного и промышленного потенциалов.....	41
2.3 Математическое моделирование взаимосвязи информационного и промышленного потенциала	42
2.3.1 Зависимости информационного потенциала	43
2.3.2 Зависимости промышленного потенциала	46
2.4 Аспекты управления бизнес-процессами	48
2.4.1 Ландшафт применения УБП.....	48
2.4.2 От оптимизации к трансформации	49

2.4.3	Меняющийся ландшафт	55
2.4.4	Проблемы и решения.....	56
2.5	Будущие тенденции взаимодействия УБП и жизненного цикла	57
2.6	Выводы.....	59
3.	ИССЛЕДОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ИННОВАЦИОН-НОГО РАЗВИТИЯ ПОКОЛЕНИЙ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ В РАМКАХ ЕЕ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА	61
3.1	Способ моделирования этапов инновационного развития организационной системы.....	61
3.2	Проблемы и особенности инновационного управления строительной организацией	63
3.3	Реализуемость фаз жизненного цикла инновации	67
3.4	Задачи, решаемые на основе модели поколений инноваций	71
3.5	Практический пример.....	78
3.6	Выбор стратегии управления развивающейся организационной системой в условиях неопределенности и конфликта интересов	80
3.6.1	Математическая постановка задачи.....	81
3.6.2	Выбор стратегии в условиях неопределенности	85
3.6.3	Алгоритм выбора оптимальной стратегии.....	88
3.6.4	Результаты	94
3.7	Выводы.....	94
4.	МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ И АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ВЫБОРА БАЗОВОГО ПРЕДСТАВИТЕЛЯ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ	96
4.1	Базовые представители направления развития_организационной системы.....	96
4.2	Алгоритмизация решения задачи о полном покрытии множества.....	99
4.3	Модель задачи выбора базового представителя	

направления развития	109
4.3.1 Алгоритмизация решения задачи 4.1.....	112
4.3.2 Декомпозиционный алгоритм	115
4.3.3 Алгоритмизация решения задачи 4.2.....	118
4.4 Модель классификации и планирования уникальных изделий, подлежащих обязательному включению в набор отбираемых технологий	120
4.5 Модель учета важности отбираемых технологий и учета интегрального эффекта от внедрения данной инновации.....	126
4.6 Выводы.....	134
5. УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СИСТЕМ.....	136
5.1 Общая схема применения автоматной модели в инновационных организационных системах	136
5.2 Модели анализа критических угроз и пути их ликвидации	144
5.3 Выводы.....	154
6. АЛГОРИТМИЗАЦИЯ ОЦЕНКИ КОМПЕТЕНТНОСТИ ЛИЦ, ПРИНИМАЮЩИХ РЕШЕНИЕ О РЕДУКЦИИ МНОЖЕСТВА БАЗОВЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ	156
6.1. Особенности применения потоковых моделей к задачам оценки состояния организационной системы	156
6.2 Оценка компетентности лиц, принимающих решение о редукции множества базовых представителей направления развития.....	166
6.2.1 Сложность оценки компетентности.....	166
6.2.2 Аналогии в электротехнических задачах. Пример применения для оценки компетентности экспертов.....	168
6.3 Взаимооценка уровня компетентности экспертов	173
6.4 Оценка неразложимого остатка на степень влияния каждой переменной при факторном анализе.....	183
6.5 Модели теории графов, как инструмент моделирования	

организационных систем.....	198
6.6 Выводы.....	216
7. СТРУКТУРА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНЫХ СТРАТЕГИЙ РЕАЛИЗАЦИИ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ.....	218
7.1 Информационная поддержка процессов управления инновационными проектами.....	218
7.2 Программный модуль функционирования системы работы с рекламациями высокотехнологичного предприятия.....	233
7.3 Структура программного комплекса для формирования эффективных стратегий реализации инновационных проектов.....	242
7.4 Выводы по главе 7.....	252
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	254
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	257
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	277

ВВЕДЕНИЕ

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 количественно и качественной информации. Проблемам планирования инноваций в организационных системах большое внимание в своих исследованиях уделяли многие отечественные и зарубежные ученые. 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 деятельности (например, расширение рынков), от сложившейся социально-экономической и научно-технической ситуации, от имеющегося научно-технического и (в ряде случаев) 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. На ранних стадиях

выполнения проектов необходима гибкость в планировании, для учета и предсказания рисков; гибкость должна учитывать неопределенность и показывать, какие меры должны предприниматься при не достижении цели на любом этапе выполнения 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 планирования внедрения 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 позволят снизить затраты при реализации сложных проектов за счет использования концепции синтеза поколений модельного ряда, что и определяет актуальность исследования.

С учетом вышеизложенного, рассматриваемая соискателем научная про-

блема, заключающаяся в необходимости дальнейших исследований в области инновационного управления развитием организационных систем на основе базовых прототипов поколений модельного ряда, актуальная 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 базово-

вого 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, отличающуюся 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 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 технологии 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.

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, функциональных, 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 определенно-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 негатив-

ных факторов различной природы и интенсивности, критических и последовательности некретических 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 позволило 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, обеспечивающая

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, 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, 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, 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 инновационных организационных системах, что позволяет снизить 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, позволяющая максимизировать доход за счет формирования области компромисса по целевым функциям центра и агентов.

7. Общая схема применения автоматной модели в инновационных организационных системах, как инструмента для анализа и оптимизации, отличающаяся выделением базовой задачи имитационного моделирования.

8. Динамическая модель оценки рисков на основе марковских случайных процессов при управлении развивающимися организационными системами, обес-

печивающую 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, обеспечивающий 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 дефи-

цитом 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.

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 лично автором получены следующие результаты: [86,108,120,128,134,141,143,149,151] - концепция развития организационных систем в технике и технологии на основе информационного и промышленного потенциала; [85,91,94,97,117,133,138] - модель поколений инновационного развития организационных систем в технике и технологии; [90,92,93,99,101,129] - многокритериальная модель задачи выбора базового представителя направления развития; [88,98,103,148] - комбинированный алгоритм решения задачи выбора базового представителя направления развития;

[87,88,112,115,127,147] - модель классификации и планирования уникальных изделий, подлежащих обязательному включению в набор отбираемых технологий в организационных системах в технике и технологии; [100,111,116,122,124,130,142,146,154] - модель учета важности отбираемых технологий и учета интегрального эффекта от внедрения данной инновации; [95,102,114,125,134,136,138] - автоматная модель сложной системы, как инструмента для анализа и оптимизации организационных систем в технике и технологии; [96,104,105,109,113,118,119,131,139,140,145] - динамическая модель оценки рисков на основе марковских случайных процессов при управлении развивающимися организационными системами; [106,107,117,121,123,154,162] - 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.

1. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ КОНЦЕПЦИИ ПОКОЛЕНИЙ МОДЕЛЬНОГО РЯДА В РАМКАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

1.1 Задачи инновационного развития организационных систем на основе поколений модельного ряда

Проведение успешных инноваций является решающим условием успешного развития организационно-экономической системы [1,27]. Инновационная деятельность, требуя значительных финансовых и материальных ресурсов, не дает гарантии их возврата в условиях рисков, как отмечается для технических систем в [21]. 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 [34, 67].

Процесс планирования инноваций крайне сложен, поскольку является слабоструктурированным и трудноформализуемым, требует значительного опыта и интуиции экспертов, обработки больших объемов количественно и качественной информации [12, 52].

Планированию инноваций в форме проектов должно предшествовать принятие решения о направлении развития организационной системы, о развитии модельного ряда (в настоящей работе под модельным рядом понимаем, аналогично производственным системам, временную последовательность моделей функционирования организационной системы, причем в каждый момент смены представителей модельного ряда имеется непустое множество альтернатив этих представителей, что порождает необходимость решения задачи многокритериального (как правило) выбора одного из представителей на основе решения аналитической задачи или экспертным путем [60].

Представитель модельного ряда, как правило, состоит из набора проектов. Планирование инновационных проектов взаимосвязано со стратегическим планированием организации (Рисунок 1.1),



Рисунок 1.1 – Стратегическое планирование инновационного развития организационной системы

поскольку от выбранного направления деятельности (например, расширение рын-

ков), от сложившейся социально-экономической и научно-технической ситуации, от имеющегося научно-технического и (в ряде случаев) производственного потенциала существенно зависят направления инновационной деятельности, объемы ее финансирования и ресурсной поддержки [14].

Планирование выбора представителя модельного ряда влечет за собой планирование выбора проектов. В свою очередь, планирование выбора проектов тесно связано с планированием самих проектов [21,22,23].

На ранних стадиях выполнения проектов необходима гибкость в планировании, для учета и предсказания рисков; гибкость должна учитывать неопределенность и показывать, какие меры должны предприниматься при не достижении цели на любом этапе выполнения проектов [65].

1.2 Проблемы управления жизненным циклом организационной системы

Функционирование любого организационной системы представляет собой последовательность реализуемых проектов. Общепринятым считается, что жизненный цикл любого проекта в общем случае состоит из этапов инициации, планирования, исполнения, контроля и завершения.

Если рассматривать деятельность традиционной организационной фирмы, усилия которой направлены на создание нового вида продукции или услуг, то следует признать, что более характерным в этом случае будет являться использование понятия жизненного цикла изделия [33, 81], состоящего из стадий научных исследований, проектирования, производства, эксплуатации и утилизации [28].

Выделение этапов жизненного цикла изделия помогает понять, как будут распределяться финансовые потоки на всем протяжении создания и использования продукта или услуги [28].

Естественно, что на начальных фазах требуются значительные финансовые вложения для вывода изделия на стадию эксплуатации и только через определенное время, которое может быть спрогнозировано достаточно приблизительно,

организационная система начнет получать доход от этого изделия, позволяющий погасить обязательства. Руководству организационной системы необходимо добиться того, чтобы запускаемое в производство изделие как можно раньше вышло на самоокупаемость. Другой задачей является отслеживание жизненного цикла продукта для того, чтобы не пропустить стадию, когда изделие нужно снять с производства [33, 76].

Однако большинство фирм, как правило, являются многопродуктовыми, т.е. выпускают не единственный вид продукции, и у каждого изделия имеется свой жизненный цикл. Таким образом, основной задачей менеджмента организационной системы является формирование производственной программы организационной системы с учетом того, чтобы выпускаемые изделия находились на различных стадиях своего жизненного цикла. Это обеспечивает равномерное получение организационной системой прибыли на всем временном отрезке планирования [33,76].

С другой стороны, трудно отыскать компанию, которая полностью придерживается одной стратегии, чаще всего используются различные виды. В строительной сфере большинство организационных систем в области инноваций реализуют имитационную стратегию, т.е. в лучшем случае осуществляют внедрение уже апробированных результатов. Основная проблема, возникающая при этом, – отбор возможных вариантов инновационного развития организационной системы, обеспечивающих сохранение положения на рынке и развитие (желательно опережающими темпами).

Следует отметить одно основное противоречие: новшество (новая технология) для наиболее эффективного использования должно быть внедрено в полном объеме, при этом необходимо, чтобы отдача от новшества стала поступать как можно быстрее – это усиливает конкурентные преимущества организационной системы. Возникает закономерный вопрос: а что же делать? Здесь в качестве примера может быть использована идея поэтапного строительства крупных промышленных комплексов. Дело в том, что крупное промышленное организационная система также должно как можно быстрее начать сдавать продукцию, пусть и не в

проектном объеме. Для этого организационной системы проектируют и строят очередями [52]. Очередь – это часть строящегося организационной системы, которое уже может давать продукцию [52].

При внедрении новшеств также стали задаваться вопросом: что надо сделать, чтобы какая-то часть уже внедренного начала использоваться в ходе работы организационной системы, т.е. начала приносить доход? Такую очередь, реализованную по отношению к инновации, стали называть поколением инновации.

Такое разделение новшества 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 планирования внедрения новшеств на конкретном предприятии [52,54].

Условно все множество показателей, характеризующих инновацию, можно разбить на три группы: функциональные (f_i), конструктивные (c_i) и технологические (t_i). Все эти показатели являются взаимозависимыми, взаимообусловленными и зависящими от времени. Каждое новое поколение инновации имеет свойства предыдущих поколений и обладает собственными.

Тем самым модель может служить генератором целей и необходимых решений для создания продукции прогнозируемого научно-технического уровня и перехода к следующему поколению [52,54]. Она является основой для формирования задач организационной системы управления строительством с целью своевременного обеспечения необходимого научно-технического уровня создаваемой продукции и с целью обеспечения доминирования организационной системы в конкретной сфере строительной отрасли.

1.3 Задача выбора базовых представителей развития организационной системы

Процесс создания и совершенствования новой техники является одним из

приоритетных направлений развития Российской Федерации. Именно поэтому создание поколений новой техники предопределяет достижение определенного прогресса в области конструктивных и технологических решений, на базе которых и осуществляется их разработка [71,74,76]. Применение новых решений в конструктивной и технологической сфере предполагает получение образцов новой техники, обладающих новыми функциональными свойствами [9, 17, 24]. Таким образом, создание новых функциональных свойств у разрабатываемого объекта предполагает применение новых конструктивно-технологических решений [81].

Но создание образцов новой техники – очень трудоемкий процесс, связанный со значительными затратами материальных, кадровых и финансовых ресурсов. Любая продуктивная идея, положенная в основу такой разработки, будет находить свое применение в новых поколениях техники, образующих модельный ряд. Именно поэтому в технике широко используется понятие прототипа, т.е. работающего изделия, позволяющего осуществить моделирование процессов, возникающих в создаваемом новом изделии [8, 11, 43].

Но в ходе реализации любого проекта возникает проблема ресурсного обеспечения, потенциальная возможность решения которой основывается на том, что требуемые ресурсы могут быть распределены по времени в течение всего срока реализации проекта, т.е. они не требуются «все и сразу». А так как предприятие, как правило, занимается реализацией сразу нескольких проектов, то именно поэтому необходимо организовать процесс выполнения проекта таким образом, чтобы пики потребления ресурсов не совпадали с аналогичными периодами в других выполняемых проектах [61,64]. Это требует осуществлять отбор прототипов для формирования поколения новой техники, ограничиваясь неким минимально необходимым их количеством, что в какой-то мере позволяет сократить объем необходимых ресурсов [44].

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 [20,161].

Процесс развития организационной системы предполагает реализацию последовательности проектов, каждый из которых имеет свой жизненный цикл. Одной из главных задач управления организационной системой является обеспечение условий для того чтобы каждый из проектов начал окупаться. Учитывая тот факт, что современные проекты, как правило имеют достаточно длительный срок реализации, следует признать, что решение о реализации проекта в полном объеме будет, наверное, не самым оптимальным. Как правило, в этом случае предпочитают разбивать проект на стадии или, как это принято в промышленном строительстве, на очереди [58].

1. Математическая модель. Приведена формальная постановка задача, определяющих: минимальное число базовых представителей, минимизацию сроков подготовки производства новых видов техники и минимизацию времени производства базовых представителей новой техники.

2. Алгоритм решения первой задачи. Для случаев небольшой размерности задачи предлагается точный алгоритм, основанные на полном переборе вариантов.

3. Приближенный алгоритм. Для случая задач большой размерности предлагается композиционный алгоритм, заключающийся на разбиении всего множества изделий на несколько подмножеств, к каждому из которых применяется точный алгоритм.

4. Алгоритм решения задачи второго типа. В основу алгоритма положена пороговая схема решения оптимизационной задачи, когда вводится пороговое значение времени создания одного из изделий, которое будет совпадать с одной из компонент вектора, задающего нормативное время создания каждого из изделий. В этом случае так же могут быть использоваться переборный и декомпозиционный алгоритмы.

5. Задача о частичном покрытии двудольного графа. Отдельно рассмотрен случай решения данной задачи как задачи о частичном покрытии двудольного графа. Приведен алгоритм получения нижней оценки задачи на основе метода сетевого программирования.

1.4 Проблема учета рисков при управлении развивающимися организационными системами и направления ее решения

При управлении проектами в организационных системах, и ранее, и сегодня существуют значительные риски, которые могут привести как к существенным проблемам при реализации проектов, так и к их критическому срыву. Ввиду этого актуальным является вопрос оценки рисков при реализации проектов, своевременного реагирования на возможность их наступления и проведения профилактических мероприятий, направленных на ликвидацию возможных угроз [69].

Одной из основных задач в планировании и управлении проектами, является учет и мониторинг возможных рисков, которые либо возникают, либо могут возникнуть в ходе реализации проектов. Эти риски, как правило, связаны с влиянием на ход реализации проектов внутренних условий, либо влиянием факторов внешней среды. Необходимым учетом их влияния является моделирование и прогнозирование возможного воздействия внутренних и внешних негативных условий выполнения организационной среды, что позволит превентивно принять меры по возможному сглаживанию такого влияния и максимально уменьшить последствия негативных воздействий на проект. Ввиду этого разработка методик устранения негативного влияния воздействий, приводящих к ущербу при реализации проектов, является, несомненно, актуальным и востребованным направлением в сфере управления проектами [69, 72].

Основной проблемой для учета рисков является то, что они возникают под влиянием случайных факторов в условиях высокой неопределенности. Поэтому, подавляющее большинство инструментов учета рисков основываются на вероятностных моделях. Учитывая то, что в последнее время уровень неопределенности практически во всех сферах хозяйственной деятельности значительно вырос, требуется разработка новых подходов к анализу рисков, которые бы максимально точно и быстро реагировали на возникающие угрозы.

Например, учет рисков в строительной сфере основывается на трех базовых

аспектах, которые лежат в основе успешного завершения строительных проектов [57,62]:

- временной аспект, результатом выполнения которого является завершение строительных проектов в заданные сроки;
- стоимостной аспект, который подразумевает то, что реальная стоимость управления организационной системой не будет превышать заранее определенной сметы;
- качественный аспект, который предполагает, что качество строительного объекта будет не ниже допустимых пределов.

В контексте данных аспектов и учитывают потенциальные риски при управления развивающимися организационными системами. Соответственно, в зависимости от направленности воздействия рисков зависит и возможный ущерб от наступления негативных ситуаций.

Процесс управления работами в настоящее время является важнейшим звеном в процедуре организации проектов, их контроля и успешной реализации. Как показывает практика управления развивающимися организационными системами, в последнее время участилось несоответствие между плановыми характеристиками строительных проектов и показателями их реализации. В какой-то мере это связано и с некомпетентностью персонала, осуществляющего планирование и недостаточный контроль за инновационными организационными системами, и с динамически меняющимися требованиями к результатам выполнения строительных проектов [22,24,26].

Однако, одной из основных причин возникающих проблем в организационных системах можно считать неприспособленность ряда организаций к новым экономическим и управленческим условиям, в которых находится система экономико-производственных отношений в последнее время. За последние несколько лет происходит слом традиционных, формировавшихся многие годы экономических отношений во всех сферах. Это связано и с интенсивным развитием информационных технологий и связанных с ними методами управления, с разработкой новых промышленных и производственных методов, разработкой новых материа-

лов, технологий их применения, необходимостью использования современного оборудования [69, 72].

Возросшая сложность в управлении инновационными организационными системами, переход к новым технологиям, а также возрастающая турбулентность на ранке ведет к увеличению рисков при реализации проектов. Ввиду этого, актуальным становится разработка новых и усовершенствование существующих методов управления инновационными организационными системами в условиях возрастающей неопределенности [167].

В данном разделе приводятся методы выбора стратегии управления инновационными организационными системами в условиях высокой неопределенности и описаны основные математические модели, которые могут быть использованы при недостаточной информации о возможных условиях, в которых будет происходить реализация проектов.

Схема научных исследований системы учета рисков и принятия решений при управлении инновационными организационными системами приведена на Рисунке 1.2.

Резюмируя вышесказанное, учет рисков при управления развивающимися организационными системами можно разделить на несколько ветвей научных исследований.

Поясним данную схему. Отдельного исследования требует анализ влияния допустимых рисков, то есть тех воздействий на процесс управления организационной системой, которые не могут привести к срыву его реализации, а лишь приносят некоторый ущерб, и наша задача минимизировать данный ущерб.



Рисунок 1.2 – Структурная схема научных исследований системы учета рисков и принятия решений при управлении инновационными организационными системами

Для дифференциации ущерба рационально разделить его на некоторые категории, например, слабый, умеренный и значительный ущерб, чтобы при моделировании учитывать приоритет ликвидации воздействий таких факторов. Другая ситуация возникает, когда риски критические, то есть наступление данных рисков способно привести к срыву управления организационной системой. Здесь отношение к рискам совершенно иное, если для допустимых рисков необходимо анализировать частоту их наступления и интенсивность их ликвидации, то при критических рисках необходимо минимизировать вероятность их наступления, то

есть строить иную математическую модель [149]. В свою очередь, критические риски также могут быть двух типов:

- явные критические риски, наступление одного из них с определенной вероятностью приводит к срыву управления организационной системой, для таких рисков важен вероятностный контроль;

- неявные критические риски, которые состоят из последовательности наступления группы допустимых рисков, которые, нанося некоторый ущерб ликвидируются с течением времени, однако, если интенсивность поступления допустимых рисков превышает скорость их ликвидации, может наступить момент, когда множество допустимых рисков перерастет в критический риск управление организационной системой будет сорвано. Для таких рисков важен контроль за накоплением некоторого критического числа допустимых рисков.

Обе описанные ситуации требуют разных подходов к их математическому моделированию. И обобщая модели учета рисков, следует отдельно затронуть вопрос по выбору стратегии реализации проектов на основе полученной информации о возможностях поступления негативных факторов. Учитывая то, что на практике нет совершенно никакой информации, когда наступит негативное воздействие на проект и каким будет ущерб от него, для разработки общей стратегии поведения требуется использовать совершенно иные модели, касающиеся поддержки принятия решений при управления развивающимися организационными системами [26, 82].

Математические модели, соответствующие схеме учета риска при реализации проектов и отличающиеся научной новизной, приведены в главе 5.

1.5 Особенности моделирования трудноформализуемых задач экспертной оценки с использованием потоковых алгоритмов

В ходе моделирования социально-экономических явлений достаточно часто встает необходимость использования трудноформализуемых задач, происхождение которых объясняется наличием в структуре задач информации качествен-

ного характера. Самым простым способом формализации таких задач является оцифровка качественной информации, то есть привязка к цифровой шкале. Для этой цели часто используется метод экспертного опроса. Однако основной недостаток этих методов – высокая степень субъективности. Это требует разработки новых подходов к этой глобальной проблеме, обеспечивающей переход именно к инновационному развитию экономики страны, несмотря на серьезные кризисные явления [39, 46].

Выходом из сложившейся ситуации является совершенствование методов принятия управленческих решений на основе модельного обеспечения процесса принятия управленческих решений. В этом случае могут быть использованы возможности социальных сетей, с целью моделирования процессов оценки генерируемых управленческих решений. Возможность такого моделирования представляется теорией графов и в данном случае потоковыми алгоритмами [46].

Потоковая модель – это модель, которая описывает непрерывный поток данных или информации. Она используется в различных областях и может быть адаптирована под конкретные задачи.

Применение потоковой модели [52]:

Обработка данных в реальном времени. Потоковая модель позволяет обрабатывать данные, которые поступают непрерывно. Это может быть полезно для мониторинга состояния систем, анализа финансовых данных и других задач, где важно получать информацию в реальном времени.

Анализ больших объёмов данных. Потоковая модель может использоваться для анализа больших объёмов данных, которые поступают с датчиков. Это позволяет выявлять закономерности, тенденции и аномалии в данных.

Мониторинг и управление процессами. Потоковая модель может быть использована для мониторинга и управления процессами в реальном времени. Например, она может использоваться для контроля качества продукции, управления и других задач.

Анализ финансовых данных. Потоковая модель может использоваться для анализа финансовых данных, таких как курсы валют, цены на акции и другие фи-

нансовые показатели. Это позволяет принимать обоснованные решения о покупке и продаже активов.

Безопасность и защита данных. Поточковая модель может использоваться для обеспечения безопасности и защиты данных. Например, она может использоваться для обнаружения аномалий в сетевом трафике, выявления подозрительной активности и других задач.

Анализ поведения пользователей. Поточковая модель может использоваться для анализа поведения пользователей в интернете. Это позволяет компаниям лучше понимать своих клиентов и адаптировать свои продукты и услуги под их потребности.

Анализ поведения пользователей – это процесс сбора, обработки и интерпретации данных о действиях пользователей на сайте, в приложении или в интернете в целом. Поточковая модель позволяет анализировать поведение пользователей в реальном времени, что может быть полезно для различных целей, таких как:

Улучшение пользовательского опыта. Анализ поведения пользователей позволяет выявить проблемы и неудобства, с которыми сталкиваются пользователи. Это может помочь улучшить пользовательский опыт и повысить удовлетворённость клиентов.

Оптимизация контента. Анализ поведения пользователей позволяет определить, какой контент наиболее интересен и полезен для пользователей. Это может помочь оптимизировать контент и повысить его эффективность.

Персонализация. Анализ поведения пользователей позволяет создать персонализированный опыт для каждого пользователя. Это может повысить лояльность клиентов и увеличить конверсию.

Маркетинговые исследования. Анализ поведения пользователей может быть использован для проведения маркетинговых исследований. Это может помочь понять, какие продукты и услуги наиболее востребованы среди пользователей.

Для анализа поведения пользователей с помощью потоковой модели можно использовать различные методы и инструменты, такие как:

Аналитика сайта. Анализ данных о посещениях сайта, поведении пользователей на сайте и взаимодействии с контентом.

Аналитика приложений. Анализ данных о использовании приложения, поведении пользователей в приложении и взаимодействии с функциями приложения.

Анализ социальных медиа. Анализ данных о взаимодействии пользователей с социальными медиа, такими как лайки, комментарии и репосты.

Анализ поисковых запросов. Анализ данных о поисковых запросах пользователей, чтобы понять, что они ищут, и какие проблемы у них возникают.

Анализ поведения пользователей с помощью потоковой модели требует сбора и обработки больших объёмов данных. Для этого необходимо использовать соответствующие инструменты и методы.

Потоковая модель позволяет анализировать поведение пользователей в режиме реального времени, что позволяет быстро реагировать на изменения и принимать обоснованные решения.

Для анализа поведения пользователей с помощью потоковой модели можно использовать различные методы и инструменты, такие как:

Системы аналитики. Системы аналитики, такие как Google Analytics, Яндекс.Метрика и другие, позволяют собирать и анализировать данные о поведении пользователей.

API. API (Application Programming Interface) позволяет интегрировать потоковую модель с другими системами и инструментами.

Интеллектуальный анализ данных. Потоковая модель может использоваться для интеллектуального анализа данных. Это позволяет выявлять скрытые закономерности и тенденции в данных, что может быть полезно для прогнозирования будущих событий.

Управление ресурсами. Потоковая модель может использоваться для управления ресурсами, такими как электроэнергия, вода и другие ресурсы. Это позволяет оптимизировать использование ресурсов и снизить затраты.

Это лишь некоторые примеры применения потоковой модели. Она может

быть адаптирована под различные задачи и области применения. Можно сказать, что современная глобальная сеть функционирует преимущественно по законам потоковых моделей.

Длительное время основным практическим представлением задач о потоке являлись трубопроводные системы и электрические цепи [167,169]. Но с развитием телекоммуникационных технологий эти представления существенно расширились. В настоящее время сеть все больше и больше приобретает самостоятельное значение, попутно создавая собственную субкультуру, выражающуюся в том, что в сети формируются уже свои обычаи, стандарты общения и поведения, образцы для подражания. То есть формируется своеобразное «сетевое сообщество», имеющее практически неограниченную аудиторию.

Вместе с тем сеть несет в себе серьезный элемент опасности, который заключается в том, что по сути дела подменяет современную существующую реальность на некий суррогат сетевого существования. В тоже время сеть представляет для практически любого человека неограниченные возможности для своего развития: можно слушать лекции лучших мировых специалистов, можно даже задать им вопрос, но не праздный, а по теме прослушанной лекции или по теме близкой данному лектору. То есть сеть может рассматриваться как средство, стимулирующее развитие человека, повышающее его способности. Но как всякое лекарственное средство, сеть является двойственной: несущей с одной стороны неограниченную пользу, а с другой - смертельную опасность. В данном случае все дело в дозировке: в умеренных размерах сеть это — благо; в гипертрофированных — смертельный яд, вполне сопоставимый по последствиям с самыми «тяжелыми» наркотиками.

Как и во всем, в случае сетей можно выделить один из главных критериев — это чувство меры. Да, в нормальных количествах использование сетей сильно увеличивает возможности практически любого человека, но если сеть начинает заменять или точнее подменять реальную действительность, провоцировать на такую замену, то это очень опасная вещь. Данный феномен может расцениваться как мина замедленного действия под все будущее страны.

Лавинообразное распространение интереса к сетевым проблемам объясняется теми возможностями, которые представляют сети в распоряжение каждого. Эти возможности, обобщив, можно позиционировать следующим образом: образовательная; информационная; верификационная; коммуникативная; восстановительная [39,41,43].

В данном случае, в отличие от общепринятой классификации предлагается из информационной компоненты выделить образовательную в виду ее исключительной важности и особенности. Остановимся на каждой из позиций сетевых возможностей.

Образовательная функция сетей заключается в том, что при ее помощи любому желающему представляются возможности прослушать любую, интересующую его информацию в виде лекционного курса, практических или семинарских занятий, получить консультацию. Причем это осуществляется или в режиме онлайн или в виде записи. В любом из способов есть свои достоинства и недостатки. В сети имеется, и возможность проконтролировать себя по части успешности усвоения, как всего читаемого курса, так и отдельных его частей. Все это дает огромные возможности для саморазвития и самообразования любому человеку. Единственно, что от него требуется, так это систематичность при занятиях.

Информационная возможность сетей заключается в том, что пользователю дается возможность оперативного доступа практически к любой информации, что сильно упрощает работу любого специалиста. В «до сетевую» эпоху оперативный доступ к информации во многом был решающим при создании прорывных технологий, разработок и фундаментальных исследований. Чтобы это почувствовать, достаточно вспомнить - что необходимо было сделать, если нужна была какая-нибудь статья из журнала. Сейчас это заключается только в поиске сайта нужного журнала и там, в архиве номеров, необходимую статью можно быстро найти и получить в электронном виде, очень часто пока, даже бесплатно. В ранее время, всего каких-нибудь двадцать пять лет назад, для этого необходимо было идти в библиотеку, искать там по каталогам этот журнал, заказать его и ждать до 1 часа пока его вам принесут. Это в том случае, если этот журнал выписывается той

библиотекой, куда Вы пришли. А если нет? Что случилось не так уж и редко. Тогда необходимо было заказать необходимый Вам журнал через межбиблиотечный абонемент (МБА). В этом случае ожидание растягивалось уже на несколько дней или недель. А работа тем временем стоит. Вот и оперативность. Так что современные условия дают практически неограниченные возможности в деле информационного обеспечения - и все это связано с сетями.

Верификационная составляющая сети связана с возможностью проверки различных гипотез и предположений при помощи построения процедур опроса сетевого сообщества. В сети можно проводить различного рода социологически опросы, изучение общественного мнения, потребительских предпочтений и многое другое. Но здесь имеется один весьма существенный недостаток: сеть не представляет возможности сформировать целевые группы в общепринятом виде, так как сеть по своей сути анонимна и участник опроса, представившийся «молодым человеком» на самом деле может оказаться бабушкой весьма преклонного возраста. Не надо забывать, что сейчас на пенсию вышла огромная армия бывших программистов, которые хоть и не могут полноценно работать в современных средствах разработки, но вполне свободно владеют сетевыми навыками общения. Уж они-то могут сгенерировать аккаунт с любыми свойствами.

Коммуникативная возможность сети связана с ее огромным потенциалом в сфере межличностных коммуникаций. Общение через интернет становится нормой. Расстояние и границы не являются препятствием. Но в данном случае должно существовать чувство необходимости, то есть насколько необходимо для общения со знакомыми привлекать сетевые возможности. Если Ваш контрагент живет в этом же подъезде, но на другом этаже, то, наверное, это уже сверхизбыточная возможность, то есть не является нормальной, необходимо встречаться «в реале». Ну, а если в другом городе или хотя бы на другом конце мегаполиса, то это уже вполне нормально. Очевидно, что ощущение чувства меры должно формироваться семьей и школой.

Восстановительная позиция сети лежит в области отдыха и релаксации. В этом вопросе сеть также дает неограниченные возможности посмотреть любой

фильм, выступление любого артиста, сыграть в любую игру. Важно только опять-таки чувство меры, чтобы жизнь не воспринималась, как сплошной, нескончаемый карнавал, с твоим участием. И опять-таки стоит все тот же вопрос о том, кто же должен воспитывать это самое чувство меры; как его определить, и кто это должен делать.

Следует отметить, что возможности, представляемые сетями, резко расширяются, если пользователь, кроме родного, владеет иностранным языком. Отсюда следует, что сети обладают к тому же еще и мощным побудительным мотивом к обучению иностранным языкам.

Исходя из всего вышеизложенного, следует отметить, что государство и общество не должно самоустраняться от сетевых проблем, а должно занимать взвешенную некую усредненную позицию достаточности. Хотя уровень достаточности определить трудно. В этом случае достаточно просто определить две крайних стратегии, которые и будут определять спектр возможных воздействий на сеть. Первая – эта стратегия «невмешательства» или игнорирования. Общество представляет возможности для развития сетей, но сам процесс не контролирует. Другая стратегия – это «нулевая», то есть общество запрещает любые сети и не создает инфраструктуры для их развития и функционирования.

И та и другая стратегии представляют собой некое экстремальное воплощение возможностей общества и государства, но если еще вторая стратегия и встречается в чистом виде, то первая стратегия существует только гипотетически. Ни общество, ни государство, ни бизнес-сообщество не может пройти мимо возможностей, представляемых сетями. Поэтому и происходит их развитие достаточно бурное. Но развитие должно сопровождаться изучением, а изучение – разработкой методов управления сетевым сообществом.

И здесь следует признать, что сетевое сообщество несет в себе черты любого современного общества и, следовательно, для его изучения вполне могут быть пригодны методы теории активных систем.

Выше мы перечислили основные направления применения потоковых моделей в современных исследованиях, разберем особенности применения данного

инструмента только к нескольким типам задач.

1.6 Цель работы и задачи исследования

В результате анализа проблем развития технологий инновационного развития организационных систем на основе концепции поколений модельного ряда в рамках жизненного цикла сформулируем цель диссертационного исследования.

Дизайн исследования представлен на Рисунке 1.3.

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.

В ходе анализа установлено, что 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.

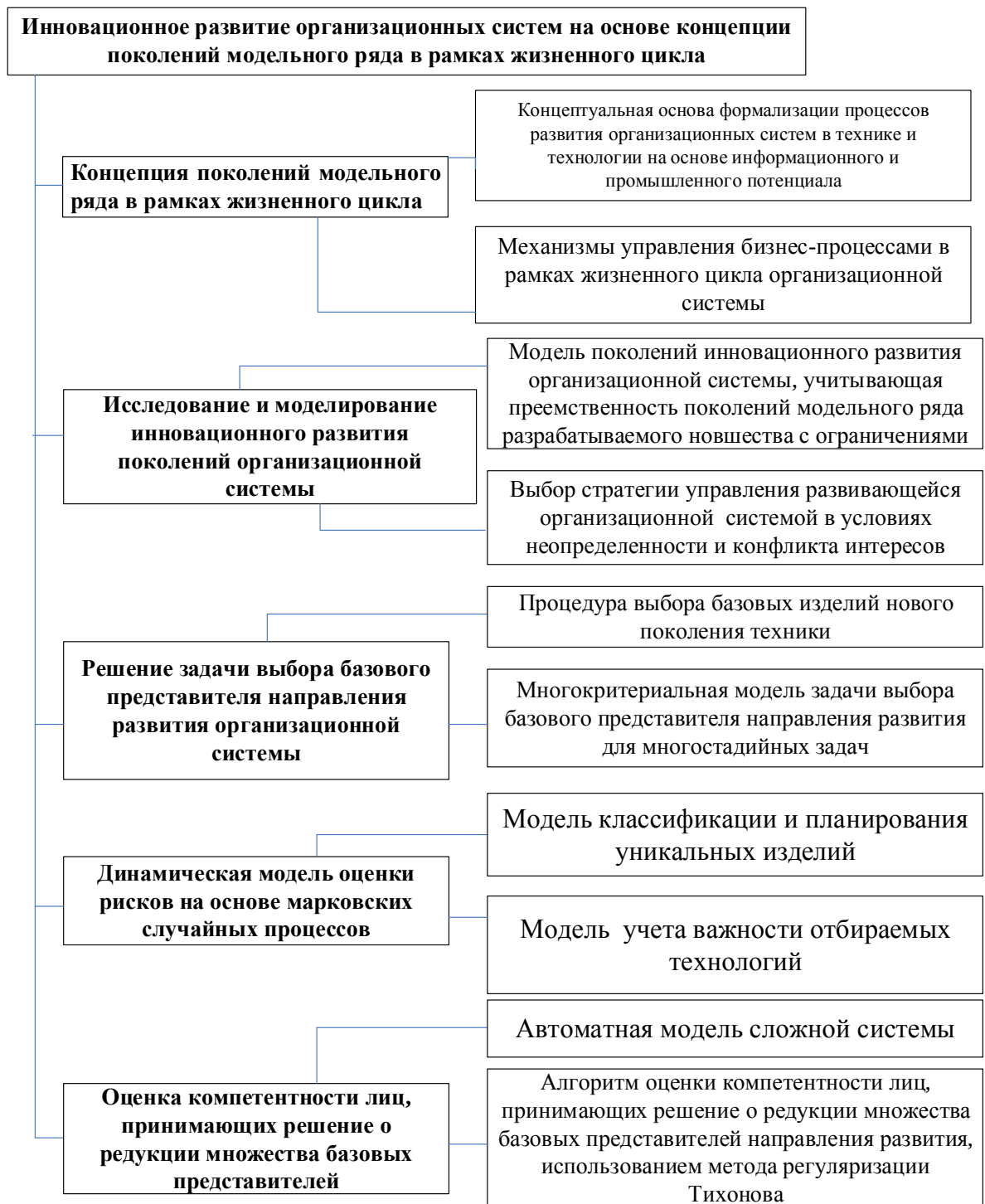


Рисунок 1.3 – Дизайн исследования

Выходом из сложившейся ситуации является совершенствование методов принятия управленческих решений на основе модельного обеспечения самого процесса. Как в области теории, так и практики сложились противоречия, что и обуславливает актуальность проведенных исследований.

2. КОНЦЕПЦИЯ ПОКОЛЕНИЙ МОДЕЛЬНОГО РЯДА В РАМКАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

Деятельность любого предприятия может быть представлена в виде последовательности реализуемых проектов. А учитывая, тот факт, что большинство предприятий осуществляет одновременную реализацию не одного, а нескольких проектов, то получается, что какая-то часть проектов выполняется параллельно.

Естественно, что каждый проект характеризуется своим жизненным циклом, для которого характерны пять этапов: инициация, планирование, выполнение, контроль и мониторинг, завершение [86].

В данном случае следует иметь в виду, что все стадии реализации проекта не выполняются последовательно друг за другом, находятся в более сложной конфигурации, которая показана на Рисунке 2.1.

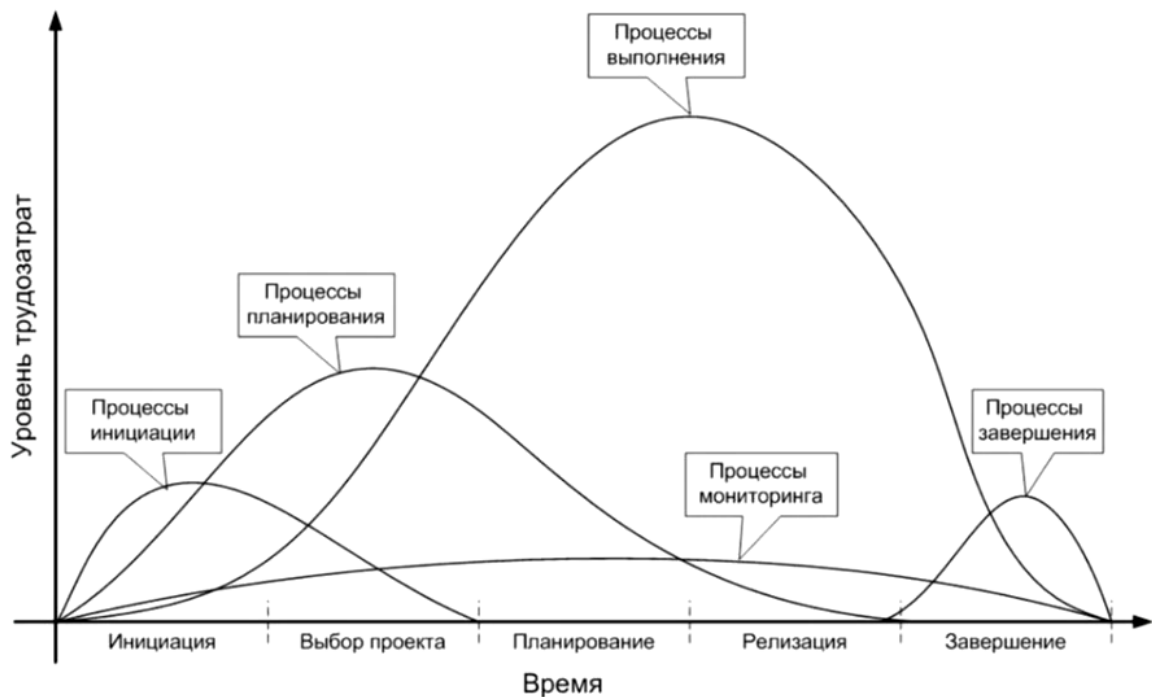


Рисунок 2.1 – Схематичное позиционирование фаз жизненного цикла проекта по времени

2.1 Жизненный цикл и прогнозирование модельного ряда

Каждый этап характеризуется своими особенностями, но для всех характерно то, что на всех этих шагах в той или иной форме используются методы прогнозирования, причем на каждой фазе речь идет о прогнозировании различных показателей, то есть информации, имеющей различную целевую аудиторию: инженеров, экономистов, менеджеров, маркетологов и т.п. Но современное производство достаточно сложно разделить на области конкретной профессиональной ориентации, очень часто эти области перекрываются, требуя неких синтетических знаний и в смежных областях [86, 108]. В этом случае достаточно характерным является общая организационная система, где существует организационно-технологическое проектирование (ОТП), направленное на обеспечение организационных, технических и технологических решений в ходе реализации поставленных целей. То есть решение задач ОТП осуществляется совместными усилиями инженеров, экономистов, технологов, менеджеров. Понятно, что в этом «ансамбле» специалистов каждый считает, что его часть наиболее существенна и, что называется, «тянет одеяло на себя», стараясь в проекте максимально усилить свою составляющую. К сожалению, приходится констатировать, что в настоящее время практически безоговорочно, победу одержали экономисты, и большая часть основных прогностических расчетов имеет четко выраженный экономический характер. Но если экономические критерии и законы носят более-менее стационарный характер, то есть слабо изменяются во времени, то вот технологии и материалы имеют достаточно сильную динамику: практически ежегодно появляются или новые технологии, или новая техника, или новые материалы [86,128].

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, связанных с построением эконометрических моделей для получения относительно приемлемого прогноза требуется анализ 25 – 30 параметров, характеризующих конкретную отрасль про-

изводства, что в современных условиях вряд ли возможно. Именно поэтому возникла идея прогнозирования на основе интегральных показателей, к которым будет относиться информационный и производственный потенциалы.

2.2 Взаимосвязь информационного и промышленного потенциалов

Рассмотрим возможную форму взаимосвязи этих величин. Для этой цели рассмотрим кибернетическую модель производства [120], представленную на Рисунке 2.2.

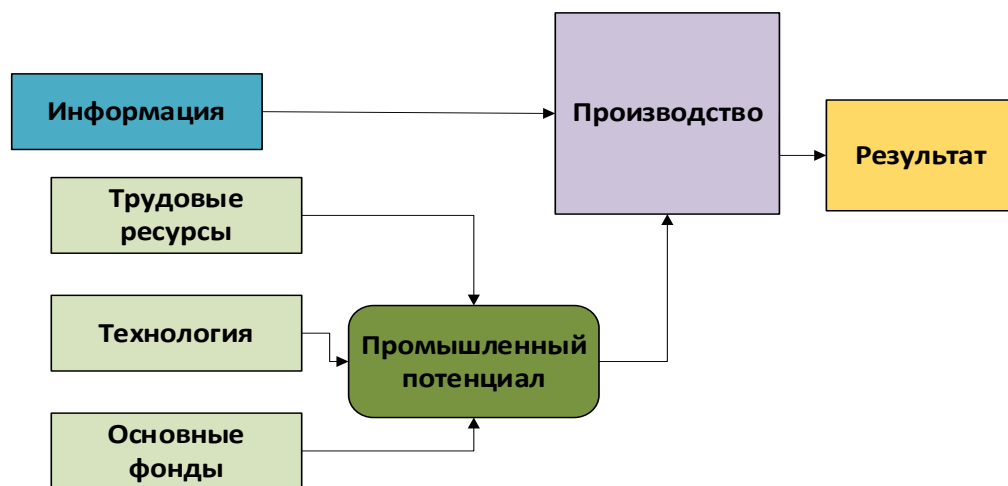


Рисунок 2.2 – Кибернетическая модель производства

Рассмотрим, какие данные должны подаваться на вход и выход этой модели.

Известно, что кибернетическую модель можно представить как обычно в виде «черного ящика» (Рисунок 2.2), на вход которого подаются: информация, трудовые ресурсы, технологии, основные средства, а на выходе имеем результат работы системы [133]. Учитывая особенности современного производства факторы, подаваемые на вход: «трудовые ресурсы», «технологии», «основные фонды» можно объединить в обобщающий показатель **«производственный потенциал предприятия»**.

Анализ представленной кибернетической модели позволяет сформулиро-

вать следующую гипотезу:

Гипотеза. Развитие техники и технологии будет характеризоваться информационным и промышленным потенциалами.

Это предположение дает возможность перейти от эконометрических моделей прогнозирования к моделям, основанным на понятии потенциалов, то есть рассмотреть зависимость состояния уровня развития техники и технологии от двух операторов, характеризующих информационное и промышленное обеспечение.

Понятное дело, что от формулировки идеи до практического воплощения ее в реальное производство проходит какой-то промежуток времени. А это означает, что 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.

Теперь для того, чтобы выяснить смысл введенных величин необходимо построить исходную зависимость прогнозируемой величины $Q(t)$ от введенных потенциалов. В этом случае используем простейшую идею описания рассматриваемого процесса в бесконечно малых приращениях.

2.3 Математическое моделирование взаимосвязи информационного и промышленного потенциала

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

$$\Delta Q(t) = I(t - \tau) \cdot \Pi(t) \Delta t, \quad (2.1)$$

где $\Pi(t)$ – промышленный потенциал предприятия.

Переходя от бесконечно малых ко всему периоду прогнозирования [128], получим:

$$Q(t) = \frac{1}{\lambda} \int_0^t I(t - \tau) \Pi(t) dt \quad (2.2)$$

где λ – дисконтирующий множитель, характеризующий изменение качества информации, с течением времени, например, ее старение, потерю актуальности и т.п.

2.3.1 Зависимости информационного потенциала

Вид подынтегральных функций $I(t - \tau)$ и $\Pi(t)$ в общем случае неизвестен, поэтому основная задача исследователя заключается в том, чтобы каким-то образом выйти на реальное представление этих зависимостей в явном виде. В этом случае используют простейший прием, примененный в (2.1). Выдвинута гипотеза о том, что прогнозируемая величина $Q(t)$ будет зависеть от информационного потенциала по квадратичному закону. В этом случае согласно (2.1) в конкретный момент времени эта зависимость представляется в виде соотношения:

$$Q = E \cdot V^2, \quad (2.3)$$

где E – характеризует интенсивность трансформации имеющегося объема информации в прогнозируемое явление.

Для дальнейших выкладок предположим [128], что величина промышленного потенциала не зависит от времени, то есть выполняется соотношение:

$$\Pi(t) = \text{const}, \quad (2.4)$$

В этом случае соотношение (2.2) преобразуется к виду:

$$Q(t) = \frac{\Pi_0}{\lambda} \int_0^t I(t - \tau) dt \quad (2.5)$$

где $\Pi_0 = \Pi(t) = \text{const}$.

Подставляя выражение (2.3) в (2.5) и проводя дифференцирование, получа-

ем:

$$\frac{dQ(t)}{dt} = 2EI_0 \frac{\partial I}{\partial \tau} \quad (2.6)$$

где I_0 – уровень информационного обеспечения в начальный момент времени при $t = 0$.

Продифференцировав соотношение (2.5), приходим к выражению:

$$\frac{dQ(t)}{dt} = \frac{1}{\lambda} g \frac{\partial I}{\partial \tau} \quad (2.7)$$

Приравнивая правые части выражений (2.6) и (2.7), после преобразований получаем:

$$I(t - \tau) = 2EI_0 \lambda \tau_0 g \frac{\partial I}{\partial \tau} \quad (2.8)$$

где τ_0 – период времени в течении которого накапливалась информация.

В целях определения параметра интенсивности трансформации E необходимо исходить из физических соображений выражения (2.3), согласно которому этот коэффициент представляет собой тангенс угла наклона касательной к кривой, заданной соотношением (2.3) в начальной точке [120, 128]. В этом случае выражение для E приобретает следующий вид:

$$E = \frac{Q_0}{I_{\text{нак}}} \quad (2.9)$$

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

Подставляя (2.9) в выражение (2.8), получим окончательное выражение для информационного потенциала:

$$I(t - \tau) = \frac{2\lambda Q_0 \tau_0 I_0}{I_{\text{нак}}} g \frac{\partial I}{\partial \tau} \quad (2.10)$$

Подставляя найденное выражение для информационного потенциала, определяемое выражением (2.10) в соотношение (2.2), получаем:

$$Q(t) = \frac{2\lambda Q_0 \tau_0 I_0}{I_{\text{нак}}} g \int_0^t \frac{\partial I}{\partial \tau} \Pi_0 \Pi(t) dt \quad (2.11)$$

Подынтегральное выражение в соотношении (2.11) представляет собой произведение двух функций, описывающих информационный и промышленный потенциалы.

Используя вторую теорему о среднем, утверждающую, что в том случае, когда подынтегральная функция $f(x)$ монотонна (нестрого) на отрезке $[a, b]$, а функция $g(x)$ интегрируема на $[a, b]$, то существует точка $\xi \in [a, b]$ такая, что выполняется соотношение вида:

$$\int_a^b f(x)g(x)dx = f(a)\int_a^{\xi} g(x)dx + f(b)\int_{\xi}^b g(x)dx,$$

и применяя эту теорему к выражению (2.11), дополнительно положив:

$$f(x) = \frac{\partial I}{\partial \tau}, g(x) = \Pi(t)$$

Получим:

$$\begin{aligned} Q(t) &= \frac{2\lambda Q_0 \tau_0 I_0}{I_{\text{нак}}} \int_0^t \frac{\partial I}{\partial \tau} \Pi_0 \Pi(t) dt = \\ &= \frac{2\lambda Q_0 \tau_0 I_0}{I_{\text{нак}}} \left[\frac{\partial I}{\partial \tau}(0) \int_0^{\xi} \Pi(t) dt + \frac{\partial I}{\partial \tau}(t) \int_{\xi}^t \Pi(t) dt \right] \end{aligned} \quad (2.12)$$

где $\xi \in [0; t]$.

Таким образом, соотношение вида (2.11) при помощи второй теоремы о среднем, удалось преобразовать к выражению (2.12), представляющее собой сумму интегралов.

Анализируя (2.2), приходим к заключению, что исходное выражение (2.11) удалось свести к двум интегралам, которые зависят только от одной функции – промышленного потенциала $\Pi(t)$ и граничных значений информационного потенциала $\frac{\partial I}{\partial \tau}(0)$ и $\frac{\partial I}{\partial \tau}(t) \frac{\partial I}{\partial \tau}(t)$.

Именно поэтому необходимо остановиться на методиках [108] определения промышленного потенциала.

2.3.2 Зависимости промышленного потенциала

Общепринятым является представление о промышленном потенциале, как о возможности производства продукции в необходимом количестве и требуемом качестве при сложившихся производственных отношениях при имеющемся количестве ресурсов и их качестве. Составляющие данного показателя приведены на Рисунке. 2.2.

С целью определения промышленного потенциала предприятия может быть использовано несколько стандартных методик [108]:

аналоговая, когда потенциал исследуемого предприятия сравнивается с известным образцом (2.2–2.4);

сравнительная, то есть сравнение достигнутых значений составных параметров, описывающих потенциала исследуемого предприятия, со средними значениями по отрасли или группы предприятий (2.2);

стоимостная, базирующаяся на изучении стоимостной оценки элементов промышленного потенциала предприятия, и эффективности использования (2.3);

методика, основанная на анализе производственной мощности предприятия (2.4).

Из всего сказанного можно сделать вывод о том, что основной интегральной характеристикой, отражающей все особенности развития предприятия, является объем производимой продукции в плановом периоде.

В настоящее время наиболее реальным воплощением идеи аппроксимации промышленного потенциала предприятия объемами производства является использование производственных функций [108]. Действительно, промышленный потенциал предприятия должен в общем случае характеризовать способность предприятия выполнять задачи, для которых оно создавалось, то есть выпускать продукцию. Естественно это задача не имеет единственного решения, то есть один и тот же объем продукции можно выпускать самыми разнообразными способами, но с точки зрения исследователя, предприятия, имеющие одинаковый объем производства, имеют примерно равный и промышленный потенциал. Хотя

конкретные составляющие этого потенциала могут и отличаться достаточно значительно.

Наиболее подходящей в этом случае будет являться известная производственная функция Кобба-Дугласа [108], отражающая зависимость объема производства P от факторов производства – затрат труда L и капитала K . В наиболее общем виде функция может быть представлена следующим образом:

$$P = A \cdot L^{\alpha} \cdot K^{\beta}.$$

где A – технологический коэффициент; $\alpha \geq 0$ – коэффициент эластичности по труду; $\beta \geq 0$ – коэффициент эластичности по капиталу.

Если сумма показателей степени ($\alpha + \beta$) равна единице, то функция Кобба-Дугласа является линейно однородной, то есть она демонстрирует постоянную отдачу при изменении масштабов производства. Если сумма показателей степени больше единицы, функция отражает возрастающую отдачу, а если она меньше единицы, – убывающую.

Таким образом, для решения задачи прогнозирования необходимо задаться выражениями, определяющими информационный и промышленный потенциал [108]. Информационный потенциал выражается соотношением (2.3), а промышленный потенциал может быть выражен по-разному или при помощи производственной функции типа Кобба-Дугласа.

Но в (2.1, 2.10) предполагается аппроксимация промышленного потенциала в более обобщенном виде, но также через объем производства.

Кроме классов моделей прогнозирования, рассмотренных выше, существуют менее распространенные модели и методы прогнозирования. Среди них: метод опорных векторов (применяется, в основном, для прогнозирования движения рынков и цен на электроэнергию), генетический алгоритм (разработан и часто применяется для решения задач оптимизации, а также поисковых задач; однако некоторые его модификации позволяют решать задачи прогнозирования), модель на основе передаточных функций.

Главным недостатком упомянутых моделей и методов является недостаточ-

но проработанная методологическая база, т. е. недостаточно подробное описание возможностей, как моделей, так и путей определения их параметров. Кроме того, в открытом доступе можно найти лишь небольшое количество статей, посвященных применению данных методов, особенно с использованием бизнес-процессов в развивающихся организационных системах.

2.4 Аспекты управления бизнес-процессами

В динамичном мире современного бизнеса системный подход к управлению бизнес-процессами (УБП) играет ключевую роль в формировании эффективности и адаптивности организации. УБП включает в себя структурированное проектирование, выполнение и постоянное совершенствование бизнес-процессов, интеграцию людей, процессов и технологий для оптимизации операций. Помимо традиционных парадигм поэтапной оптимизации, в этом разделе исследуется преобразующая сила УБП, прослеживается ее историческое развитие, анализируются примеры успешных внедрений в различных отраслях и компаниях и ее важнейшая роль в управлении вызовами и возможностями, которые открывает индустрия 4.0–5.0 и новые технологии. Исследуя его стратегическую и инновационную роль, автор стремится подчеркнуть потенциал УБП как катализатора глубоких организационных изменений, которые выходят за рамки поверхностных улучшений и приводят к устойчивым и результативным преобразованиям.

2.4.1 Ландшафт применения УБП

Обзор соответствующей литературы раскрывает динамичный ландшафт с акцентом на традиционную оптимизацию и преобразования различных аспектов деловой активности. В [23], предлагается всестороннее понимание УБП, подчеркивая необходимость согласования процессов со стратегиями организации для позитивных преобразований. Исследование [24] сосредоточено на стратегическом внедрении УБП, в то время как в [22] предлагается радикальная реструктуризация

процессов. В [31] описывается шесть ключевых элементов, являющихся неотъемлемой частью УБП, включая стратегическое согласование и управление. В [21] приводится широкий обзор принципов УБП, изучение новых тенденций, таких как наука о данных и искусственный интеллект. В [27, 28] вносится свой вклад в исследование УБП, уделяя особое внимание влиянию Индустрии 4.0 и подчеркивая необходимость адаптируемых механизмов для улучшения бизнес-процессов на развивающихся рынках.

Меняющийся характер бизнес-среды в сочетании с необходимостью стратегической адаптации делает преобразующую силу УБП актуальной областью изучения в более широкой области организационного управления и эффективности. Таким образом, цель состоит в том, чтобы подчеркнуть преобразующий потенциал УБП, выходящий за рамки традиционной оптимизации, с примерами, показывающими, как УБП может служить стратегическим инструментом организационных инноваций, повышения гибкости и устойчивой конкурентоспособности [108].

Необходимо сместить акцент с простого повышения эффективности, которое может быть достигнуто за счет применения УБП, на более целостное понимание этого подхода с акцентом на его потенциал для инициирования существенных и долговременных организационных преобразований.

2.4.2 От оптимизации к трансформации

УБП играет ключевую роль в отрасли, повышая операционную эффективность с помощью структурированной методологии анализа, проектирования и оптимизации бизнес-процессов.

Такой системный подход приводит к оптимизации операций, снижению затрат и улучшению распределения ресурсов. Более того, это способствует общему повышению качества продуктов и услуг за счет содействия стандартизации и постоянному мониторингу процессов [20, 108]. Способность УБП адаптироваться к меняющейся среде имеет решающее значение для управления динамичным бизнесом-ландшафтом, позволяющее организациям быстро реагировать на измене-

ния рынка, нормативно-правовую базу и технологические достижения. Кроме того, УБП играет важную роль в обеспечении соответствия отраслевым нормативам и снижении рисков, связанных с операционной деятельностью.

Кроме того, поощряя клиентоориентированный подход, УБП способствует повышению удовлетворенности клиентов за счет предоставления стабильных и высококачественных продуктов или услуг. Его стратегическое соответствие целям организации.

УБП - это не просто инструмент оптимизации, но и преобразующая сила, способная стимулирования инноваций, повышения гибкости и поддержания долгосрочной конкурентоспособности в постоянно меняющемся промышленном ландшафте [24, 133].

Сосредоточившись на преобразующей силе УБП, автор хочет подчеркнуть его более фундаментальное влияние на организационные процессы (Таблица 2.1), которое, вместо поверхностных улучшений, приводит к переоценке и реструктуризации бизнес-процессов, тем самым обеспечивая существенную и долговременную трансформацию организации.

Таблица 2.1 – Сравнение аспектов УБП, используемых для оптимизации и преобразования

Аспект	Трансформация	Оптимизация
Трансформация против оптимизации	Традиционные взгляды на УБП часто фокусировались на оптимизации существующих процессов для повышения эффективности, снижения затрат и повышения производительности.	Смещение акцента с оптимизации на трансформацию указывает на более глубокие изменения в концепции и внедрении УБП.
Глубина изменений	Меры по углублению изменений предназначены для точной настройки процессов для постепенных улучшений с акцентом на повышение эффективности и рентабельности.	Более всеобъемлющее и радикальное изменение, включающее переоценку и реинжиниринг фундаментальных аспектов бизнеса процессы, выходящие за рамки поверхностных улучшений.
Целостный подход	Изменения направлены на устранение конкретных проблемных точек или узких мест в рамках процесса	Целостный подход, учитывающий всю бизнес-экосистему, охватывающий людей, процессы, технологии и организационную культуру
Внедрение инноваций	Постепенная технологическая модернизация или усовершенствование	Интеграция инновационных технологий, методологий и стратегий, направленных

Аспект	Трансформация	Оптимизация
	вованение процессов	ленных на фундаментальный сдвиг в функционировании бизнес-процессов и обеспечении их ценности.
Адаптация к изменениям	Изменения, направленные на повышение эффективности существующих процессов, не обязательно направлены на адаптацию к внешним изменениям	Проактивный подход к изменениям, учитывающий динамичный характер бизнес-среды и позволяющий процессам развиваться и процветать в условиях неопределенности.
Операционное совершенство	Обусловлено стремлением достичь операционного совершенства и эффективности	УБП рассматривается как катализатор более широких организационных и отраслевых изменений, ведущих к инновациям, гибкости и конкурентным преимуществам
Стратегическое воздействие	Тактические изменения, направленные на улучшение повседневной деятельности	Сосредоточение внимания на стратегических последствиях, при этом УБП становится неотъемлемой частью стратегии организации, влияя на долгосрочные цели и внося вклад в общее видение и миссию
Непрерывная эволюция	разовые инициативы или процессы периодического совершенствования	непрерывный, динамичный процесс, в котором УБП глубоко укоренился в организационной культуре, способствуя мышлению о постоянном совершенствовании и адаптации

Историческая траектория развития управления бизнес-процессами отражает динамичное развитие, обусловленное постоянно меняющимся ландшафтом отрасли. Изначально появившись как ответ на потребность в систематическом совершенствовании процессов, УБП за прошедшие десятилетия претерпела ряд изменений. С момента своего зарождения как инструмента повышения операционной эффективности и снижения затрат УБП постепенно превратился во всеобъемлющую дисциплину, охватывающую моделирование процессов, автоматизацию и методологии непрерывного совершенствования (например, принципы бережливого производства) [26, 133]. Признание того, что УБП может оказывать влияние не только на отдельных процессы, но и целые организационные структуры ознаменовали собой важный поворотный момент в ее историческом развитии [24, 108].

Исторически сложилось так, что УБП в основном был ориентирован на оптимизацию [26]. Организации стремились усовершенствовать и рационализировать свои существующие процессы, стремясь к постепенному повышению эффек-

тивности и рентабельности [24]. Такой подход к оптимизации включал в себя выявление и устранение узких мест, стандартизацию рабочих процессов и внедрение технологий для повышения производительности. Хотя эти усилия по оптимизации приносили ощутимые выгоды, они часто основывались на линейной модели, делая упор на постепенные изменения, а не целостную трансформацию. Этот исторический акцент на оптимизацию заложил основу для последующего смещения акцента в сторону более преобразующих практик УБП [26].

Современный бизнес-ландшафт отличается беспрецедентной сложностью, быстрым технологическим прогрессом и обострившейся конкуренцией. Эти изменения, в том числе появление индустрии 4.0-5.0, глобализация и растущие ожидания клиентов, привели к тому, что традиционный УБП стал ориентированным на оптимизацию недостаточным. В настоящее время организации вынуждены решать задачи, выходящие за рамки постепенных улучшений [27]. Потребность в гибкости, инновациях и адаптивности перед лицом разрушительных факторов стала катализатором смены парадигмы, направив УБП на более преобразующую роль. Историческая перспектива объясняет необходимость выхода УБП за традиционные рамки и применения более широкого, стратегического подхода, соответствующего динамичному характеру современных отраслей.

Важно проводить различие между оптимизацией и преобразованием внутри компании. Управление бизнес-процессами с целью понимания различных воздействий, которые каждый из них может оказать на динамику организации. Оптимизация обычно заключается в тонкой настройке существующих процессов для повышения таких специфических аспектов, как эффективность и экономичность с точки зрения затрат.

Для нее характерны постепенные изменения и акцент на совершенствовании отдельных компонентов. В отличие от этого, трансформация предполагает более целостное и всестороннее изменение всей организационной экосистемы. Она выходит за рамки постепенные улучшения часто связаны с пересмотром существующих парадигм и внедрением новых стратегий, которые изменяют фундаментальные аспекты функционирования бизнес-процессов. В то время как опти-

мизация направлена на повышение эффективности в рамках существующей структуры, трансформация приводит к радикальному изменению организационных процессов для достижения стратегических целей и адаптации к меняющимся бизнес-условиям.

Примеров оптимизации бизнес-процессов в различных отраслях промышленности предостаточно. Однако они могут оказаться неэффективными, когда возникает необходимость в более масштабных организационных изменениях или необходимо адаптироваться к более глубоким изменениям в бизнес-среде.

В отличие от оптимизации, инициативы по трансформации УБП были внедрены организациями, которые приняли комплексные изменения для достижения глубоких и устойчивых результатов. Ярким примером является трансформация традиционной производственной компании в цифровое интегрированное предприятие с помощью УБП [25, 142]. Используя передовые технологии и переосмыслив всю свою цепочку создания стоимости, организация не только оптимизировала свои производственные процессы, но и заложила основу для долгосрочных инноваций и конкурентоспособности. Другой наглядный пример связан с компанией, предоставляющей финансовые услуги, которая претерпела трансформацию на основе УБП, не только повысив эффективность своих процессов привлечения клиентов, но и коренным образом изменив свою модель взаимодействия с клиентами. Эти тематические исследования представляют убедительные доказательства того, что трансформирующий УБП подход при стратегическом внедрении может привести к устойчивому развитию, организационные изменения и конкурентное преимущество на динамично развивающихся рынках.

В нескольких отраслях промышленности применяется подход УБП для достижения операционного совершенства, удовлетворения потребностей рынка и сохранения конкурентоспособности перед лицом динамичных вызовов (Таблица 2.2).

Таблица 2.2 – Отрасли, в которых были осуществлены успешные преобразования с помощью УБП

Отрасль	Направление преобразования	Результаты
Производство	- оптимизация производственных процессов - улучшение видимости цепочки поставок - повышение общей операционной эффективности	- сокращение сроков выполнения заказов - минимизация отходов - повышение гибкости для адаптации к меняющимся моделям спроса
Финансы и банковское дело	- упрощение сложных финансовых процессов, таких как одобрение кредитов, управление счетами и соблюдение нормативных требований	- ускорение принятия решений - улучшение управления рисками - повышение качества обслуживания клиентов за счет упрощенных и прозрачных процессов
Здравоохранение	- оптимизация процессов ухода за пациентами - упрощение административных задач - улучшение коммуникации между медицинскими работниками	- улучшение результатов лечения пациентов, - снижение административной нагрузки, - улучшение взаимодействия между медицинскими командами
Розничная торговля	- оптимизация управления цепочками поставок, контроля запасов и процессов взаимодействия с клиентами	- улучшение оборачиваемости запасов, - эффективное выполнение заказов, персонализированный подход к работе с клиентами, способствующий повышению удовлетворенности и лояльности клиентов
Технологии и ИТ-услуги	- оптимизация программного обеспечения, - процессы разработки, - совершенствование управления проектами, улучшение рабочих процессов службы поддержки клиентов	- сокращение сроков вывода продукции на рынок, - повышение успешности проектов, повышение удовлетворенности клиентов
Телекоммуникации	- оптимизация предоставления услуг, процессов выставления счетов и управления взаимоотношениями с клиентами	- повышение качества предоставления услуг, - снижение эксплуатационных расходов, улучшение обслуживания клиентов

Каждая из этих отраслей демонстрирует, как стратегическое внедрение УБП может привести к трансформационным изменениям, выходящим за рамки простой оптимизации. Ключ к успеху заключается в согласовании инициатив УБП с уникальными вызовами и целями каждой отрасли, тем самым создавая индивидуальный подход, который затрагивает конкретные болевые точки и использует

возможности для улучшения. Таблица 2.3).

Таблица 2.3 – Примеры компаний, которые прошли успешные преобразования благодаря применению УБП

Компания	Направление преобразований	Результаты
Amazon	Amazon превратился из книжного онлайн-магазина в глобального гиганта электронной коммерции и технологий, что является примером преобразующего УБП	Постоянно оптимизируя свои процессы и используя новейшие технологии, Amazon произвела революцию в розничной торговле, логистике и облачных вычислениях. Преобразующая практика компании на основе УБП способствовала ее быстрому росту и устойчивым инновациям
Tesla	Подход Tesla к электромобилям и возобновляемым источникам энергии представляет собой преобразующий подход Инициатива УБП в автомобильной промышленности	Нацеленность компании на инновации в сочетании с оптимизацией производственных процессов и управлением цепочками поставок вывела Tesla на передовые позиции на рынке электромобилей, оказав влияние на всю автомобильную промышленность

2.4.3 Меняющийся ландшафт

В условиях развития индустрии 4.0 и цифровой трансформации, охватывающей все отрасли, УБП все чаще используется для адаптации к меняющимся ожиданиям клиентов и требованиям рынка. Стратегии УБП, ориентированные на клиента, приобретают все большее значение, подчеркивая необходимость того, чтобы организации приводили свои процессы в соответствие с меняющимися предпочтениями клиентов и предоставляли персонализированный опыт. Интеграция контуров обратной связи с клиентами в УБП-системы позволяет вносить коррективы в режиме реального времени и гибко реагировать на меняющуюся динамику рынка [17, 150].

Кроме того, растущий спрос на устойчивое развитие и этические методы ведения бизнеса требует от УБП учета экологических и социальных факторов при проектировании процессов. По мере того как организации ориентируются в меняющемся ландшафте, УБП становится динамичным катализатором инноваций, быстрого реагирования и стратегического соответствия многогранным вызовам и

возможностям, которые открывает Индустрия 4.0.

2.4.4 Проблемы и решения

Несмотря на многообещающие результаты, связанные с УБП, организации часто сталкиваются с трудностями при внедрении преобразований, основанных на УБП. Общие проблемы к ним относятся сопротивление изменениям, недостаточное вовлечение заинтересованных сторон и сложность интеграции новых технологий. Сопротивление со стороны сотрудников, вызванное опасениями по поводу безопасности работы или незнанием новых процессов, может препятствовать бесперебойному внедрению инициатив УБП. Кроме того, организации могут столкнуться с трудностями при согласовании целей УБП с общими бизнес-стратегиями, что приводит к отсутствию единого видения. Сложности интеграции передовых технологий, таких как искусственный интеллект и Интернет вещей, в существующие процессы могут представлять значительную угрозу.

Решение этих проблем требует глубокого понимания организационная динамика, техногенные ландшафты, и человеческие факторы, влияющие на внедрение УБП.

В ответ на эти вызовы появились инновационные решения и подходы, способствующие успешным преобразованиям под руководством УБП. Проактивное управление изменениями, основанное на эффективной коммуникации и вовлечении заинтересованных сторон, имеет решающее значение для преодоления сопротивления изменениям. Организации внедряют целостный подход к УБП, обеспечивая соответствие технологических внедрений более широким стратегическим целям. Кроме того, формирование культуры постоянного совершенствования и инноваций позволяет организациям адаптироваться к меняющимся вызовам. Использование гибких методологий позволяет осуществлять итеративное внедрение УБП, позволяя организациям извлекать уроки из обратной связи и соответствующим образом корректировать стратегии (2.17). Платформы для совместной работы и межфункциональные команды способствуют более инклюзивному процессу управления, объединяющему различные точки зрения и опыт.

Усилия по устранению потенциальных препятствий на пути преобразований, основанных на УБП, требуют многоаспектной стратегии. Отрасли должны инвестировать в эффективные программы обучения, чтобы наделить сотрудников навыками, необходимыми для работы с новыми процессами и технологиями. Совместное решение проблем с привлечением сотрудников всех уровней позволяет выявлять и преодолевать специфические проблемы, характерные для каждой организации. Создание четких каналов коммуникации и привлечение внимания сотрудников к преимуществам УБП способствует развитию чувства сопричастности и вовлеченности. Отрасли промышленности также могут устранять возникающие проблемы, проводя тщательную оценку рисков и внедряя планы действий в чрезвычайных ситуациях. Постоянный мониторинг и оценка инициатив в области УБП позволяют вносить коррективы в режиме реального времени и выявлять области, требующие дальнейшей оптимизации. В конечном счете, препятствия на пути преобразований УБП можно преодолеть, только применяя проактивный, адаптивный и всеобъемлющий подход, который приводит технологические достижения в соответствие с потребностями людей и организации (2.16).

2.5 Будущие тенденции взаимодействия УБП и жизненного цикла

Заглядывая в будущее, можно сказать, что управление бизнес-процессами вот-вот претерпит эволюцию в ответ на постоянно меняющийся ландшафт отраслей. Ожидаемые тенденции предполагают переход от статической оптимизации процессов к более динамичным, адаптивным и управляемым данными моделям УБП. Ожидается, что алгоритмы машинного обучения будут играть все более важную роль, позволяя проводить прогнозную аналитику и самостоятельно принимать решения в рамках УБП. Акцент на клиентоориентированные УБП будет усиливаться, поскольку организации используют передовую аналитику и искусственный интеллект для персонализации клиентского опыта и удовлетворения растущих ожиданий (2.30). Более того, растет понимание того, что УБП выйдет за

рамки операционного совершенства и станет стратегическим инструментом организационных инноваций, гибкости и устойчивости.

Интеграция новых и перспективных технологий является ключевым аспектом будущего ландшафта УБП. Искусственный интеллект (ИИ), Интернет вещей (IoT) и блокчейн, по прогнозам, станут неотъемлемыми компонентами стратегий УБП (2.33). Искусственный интеллект, способный анализировать огромные массивы данных и выявлять закономерности, улучшит процессы принятия решений в рамках УБП, в то время как IoT еще больше упростит обмен данными в режиме реального времени между взаимосвязанными устройствами, способствуя сквозной видимости процессов. Ожидается, что децентрализованный и безопасный характер блокчейна найдет более широкое применение для обеспечения прозрачности и доверия в различных процессах УБП, особенно в таких областях, как управление цепочками поставок и транзакции. Конвергенция этих технологий позволит по-новому взглянуть на подход организаций к УБП, создав более интеллектуальную, взаимосвязанную и устойчивую основу для трансформации отрасли.

Все эти ожидаемые тенденции открывают многочисленные возможности для дальнейших исследований и разработок в области УБП. Ученые и практики, вероятно, будут изучать передовые методологии интеграции искусственного интеллекта и машинного обучения в фреймворках УБП, ориентированных на создание адаптивных систем, способных постоянно обучаться и оптимизировать процессы. Исследования, вероятно, также будут сосредоточены на этических аспектах принятия решений на основе ИИ в рамках УБП, устраняя проблемы, связанные с предвзятостью, подотчетностью и прозрачностью. Кроме того, по мере того, как отрасли становятся все более взаимосвязанными, появляется возможность изучить проблемы безопасности и интероперабельности, связанные с широким внедрением Интернета вещей и блокчейна в УБП. Будущие инициативы УБП обладают огромным потенциалом для инноваций и преобразующего воздействия, что делает их интересной областью исследований.

2.6 Выводы

На основе анализа кибернетической модели производства была сформулирована гипотеза о том, что развитие техники и технологии будет определяться сложившимся на данный момент времени информационным и промышленным потенциалами. Это дает возможность перейти от эконометрических моделей прогнозирования к моделям, основанным на понятии потенциалов, то есть рассмотреть зависимость состояния уровня развития техники и технологии от двух операторов, характеризующих информационное и промышленное обеспечение; при этом информационный потенциал предлагается описывать при помощи количества научно-исследовательских работ, завершившихся оформлением патента или свидетельства на изобретение, а промышленный потенциал – выражать через производственные функции, либо при помощи стандартных методик.

Таким образом, представлена *концепция 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.*

Приведенное исследование проблем управления бизнес-процессами выявило его ключевую роль в преобразовании промышленного ландшафта. Начиная с исторического развития, отмеченного акцентом на постепенную оптимизацию, и заканчивая потенциалом преобразования, УБП обладает динамичной силой, стимулирующей организационные инновации, гибкость и долгосрочную конкурентоспособность. Ее значимость в промышленности проявляется в положительном влиянии на операционную эффективность, снижение затрат, распределение ресурсов и общее повышение качества продуктов и услуг. Универсальность УБП делает его стратегическим активом, позволяющим организациям ориентироваться в постоянно меняющихся бизнес-условиях, адаптироваться к изменениям на рын-

ке и внедрять технологические новшества. Благодаря своей приверженности клиентоориентированному подходу, УБП повышает удовлетворенность клиентов благодаря постоянному предоставлению высококачественных продуктов и услуг. Сосредоточив внимание на преобразующем потенциале УБП, вышеприведенный обзор продемонстрировал отход от традиционных парадигм УБП в сторону инициатив, направленных на тщательную переоценку и реструктуризацию бизнес-процессов.

Реальные примеры из различных отраслей промышленности иллюстрируют ощутимое и устойчивое воздействие преобразующих инициатив УБП, демонстрируя их адаптивность и эффективность. Поскольку отрасли сталкиваются с беспрецедентными вызовами в эпоху Индустрии 4.0-5.0 УБП становится не только катализатором операционного совершенства, но и стратегическим инструментом инноваций, гибкости и устойчивости. Синергия между УБП и такими технологиями, как искусственный интеллект, Интернет вещей и блокчейн, меняют подходы бизнеса к оптимизации процессов, создавая более интеллектуальную, взаимосвязанную и устойчивую основу для трансформации отрасли. Проблемы и решения, связанные с преобразованиями под руководством УБП, связаны с такими проблемами, как сопротивление изменениям, недостаточное вовлечение заинтересованных сторон и сложность интеграции новых технологий.

Динамичный и адаптивный характер внедрения УБП приводит к появлению инновационных решений, включая проактивное управление изменениями, целостные подходы к УБП и непрерывный мониторинг. Ожидаемые тенденции в области УБП для трансформации отрасли включают переход к более динамичным, адаптивным моделям, основанным на данных. Ожидается, что интеграция искусственного интеллекта, Интернета вещей и блокчейна станет неотъемлемой частью, переосмыслив подход организаций к УБП и создав основу для организационных инноваций, гибкости и устойчивости.

3. ИССЛЕДОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ПОКОЛЕНИЙ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ В РАМКАХ ЕЕ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

В главе рассматриваются вопросы, связанные с инновационным развитием 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. Возникает ситуация, когда 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. Чтобы избежать этого, необходимо на стадии планирования как можно точнее определять временные сроки начала и окончания этапов реализации процесса внедрения инновации. На примере внедрения инновационных ограждающих конструкций при строительстве жилых зданий повышенной этажности рассматривается задача определения временных параметров по стадиям реализации процесса внедрения разрабатываемого новшества.

3.1 Способ моделирования этапов инновационного развития организационной системы

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 [85]. В то же время получение новых технологических параметров дает возможность влиять на конструктивные и функциональные. В этом и заключается взаимозависимость и взаимообусловленность критериев.

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

$$\Phi = (f^\nu, c^\nu, t^\nu) = 0. \quad (3.1)$$

Если соотношение (3.1) выполняется, значит, набор f^ν, c^ν, t^ν реализуем. Следует отметить, что зависимость вида (3.1) можно представить в виде импликаций

$$t^\nu \longleftrightarrow c^\nu \longleftrightarrow f^\nu. \quad (3.2)$$

Создание последующего поколения внедряемого новшества осуществляется на базе предыдущего за счет применения накопленных знаний и новых достижений в области науки и технологии [85]. При этом может происходить добавление дополнительных параметров, характерных только для нового поколения, т. е. будут выполняться соотношения:

$$\begin{aligned} f^\nu &= \{f_1^\nu, \dots, f_{p_\nu}^\nu\} \longrightarrow f^{\nu+1} = \{f_1^{\nu+1}, \dots, f_{p_{\nu+1}}^{\nu+1}\} = \\ &= \{f_1^\nu + \Delta f_1^\nu, \dots, f_{p_\nu}^\nu + \Delta f_{p_\nu}^\nu, f_1^{\nu+1}, \dots, f_{p_{\nu+1}}^{\nu+1}\}; \\ c^\nu &= \{c_1^\nu, \dots, c_{q_\nu}^\nu\} \longrightarrow c^{\nu+1} = \{c_1^{\nu+1}, \dots, c_{q_{\nu+1}}^{\nu+1}\} = \\ &= \{c_1^\nu + \Delta c_1^\nu, \dots, c_{q_\nu}^\nu + \Delta c_{q_\nu}^\nu, c_1^{\nu+1}, \dots, c_{q_{\nu+1}}^{\nu+1}\}; \\ t^\nu &= \{t_1^\nu, \dots, t_{r_\nu}^\nu\} \longrightarrow t^{\nu+1} = \{t_1^{\nu+1}, \dots, t_{r_{\nu+1}}^{\nu+1}\} = \\ &= \{t_1^\nu + \Delta t_1^\nu, \dots, t_{r_\nu}^\nu + \Delta t_{r_\nu}^\nu, t_1^{\nu+1}, \dots, t_{r_{\nu+1}}^{\nu+1}\}. \end{aligned} \quad (3.3)$$

При этом для системы показателей, характеризующих новое поколение, также должно выполняться соотношение (3.1) вида:

$$\Phi(f^{v+1}, c^{v+1}, t^{v+1}) = 0 \quad (3.4)$$

и быть справедливой импликация типа (3.2).

Создание следующего поколения новшества возможно только на базе усовершенствования и модернизации уже существующего [85,91], 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 [85].

Поясним сказанное на конкретных примерах.

3.2 Проблемы и особенности инновационного управления строительной организацией

Проблемы и особенности инновационного управления строительной организацией находятся в сфере использования новых технологий. Возникает резонный вопрос о приоритетности различных фаз строительного производства при применении инноваций. Обычно в данном случае руководствуются количеством средств, необходимых для реализации определенного этапа строительства нового здания с использованием инноваций. Наиболее затратной стадией строительства здания всегда считалось создание каркаса и стен. Данный элемент укрупненного вида работ должен обеспечить необходимую прочность создаваемого здания, его тепло-, влаго-, паро- и шумоизоляцию. Эти требования могут находиться в противоречии друг с другом. Например, широко используемая в мире технология монолитного домостроения, помимо явных достоинств, имеет и ряд существенных не-

достатков. Основной минус заключается в том, что построенные помещения будут напоминать изолированную капсулу, как в космическом корабле, что не очень пригодно для жилого помещения. При этом возникают вопросы по тепло-, влаго-, паро- и шумоизоляции. Так как возведенная по монолитной технологии конструкция является практически непроницаемой, это порождает многочисленные проблемы, решать которые приходится созданием достаточно сложных систем вентилирования.

Кроме того, использование технологии монолитного строительства требует применения дорогостоящего оборудования, значительного числа рабочих и инженеров, имеющих высокую квалификацию. Все это сказывается на стоимости выполняемых работ, приводит к увеличению затрат на строительство всего объекта и стоимости продаваемых квартир. Следовательно, все это отрицательно воздействует на покупательскую способность населения, которая и без того достаточно низкая [94].

В качестве примера рассмотрим Воронежский район. Если обратиться к статистическим данным о работе строителей, то можно сказать, что основными объектами строительства по-прежнему остаются жилые. В 2021 году затраты населения на приобретение недвижимости составили 11,06 млрд. руб. При этом строительными организациями всех форм собственности и силами населения были построены 1 864 тыс. м² (из них 981,5 тыс. м² построены населением), число квартир составило 23 411. В настоящее время средняя цена 1 м² в Воронеже составляет ~79 797 руб/м², т. е. стандартная двухкомнатная квартира площадью примерно 60 м² будет стоить ~4,8 млн руб. (при средней зарплате по Воронежской области в 2021 году 40 829,8 руб.). Понятно, что в регионе найдется мало семей, которые могут располагать всей требуемой суммой сразу. Объясняется это многими причинами, например низкой платежеспособностью населения и высокими ценами, но основной является отсутствие механизмов накопления средств, т. е. различных инвестиционных программ. В этом случае остается брать ипотеку.

Остановимся более подробно на возможностях, которые может предоставить ипотечный кредит. Согласно данным Банка России, в октябре 2022 года в

Воронежской области объем ипотечных кредитов составил 5,176 млрд. руб., а количество 1671. В процентах по отношению к сентябрю 2022 года произошло снижение количества на 13,64%, объема – на 11,60%. По сравнению с октябрём прошлого года воронежцы взяли меньше кредитов: 1671 против 2 392 в октябре 2021 года (–30,14%). Объем снизился на 3,79%. Доступность ипотеки снижается, что приводит к ситуации уменьшения спроса на недвижимость.

Средняя величина займа составляет 3,10 млн. руб., процентная ставка по ипотечным кредитам – 7,93%, а средний срок ипотечного займа – более 23 лет. Доля процентов, которые должен выплачивать заемщик, будет составлять 245,8 тыс. руб. в год, или 20485 руб. в месяц. Доля, приходящаяся на сам кредит, который нужно выплатить в течение 23 лет, – 3,1 млн. руб., т.е. 11232 руб. в месяц. Сложив две суммы, получаем, что ежемесячная выплата должна будет составлять 31717 руб. Многие ли могут тратить практически все зарплату на ипотечный кредит? Спрос на квартиры имеется, люди хотят улучшить свои жилищные условия, но не имеют такой возможности.

Тем не менее, рынок недвижимости продолжает существовать, несмотря на катастрофически низкую платежеспособность населения. Объясняется это тем, что в стране практически полностью отсутствуют инвестиционные программы, направленные на сбережение накоплений, поэтому основную часть покупателей составляют люди, желающие оградить свои накопления от обесценивания, а не те, кто хочет улучшить жилищные условия. В связи с этим основной задачей строительной отрасли для расширения клиентской базы является снижение цен на жилье. Для этого необходимо проведение фундаментальных исследований, направленных на удешевление строительства жилья. Это предполагает разработку новых технологий, которые бы обеспечили бы дешевое и качественное строительство [94].

Внедряемая повсеместно технология монолитно-каркасного домостроения является наиболее перспективной в этом плане – она имеет достоинства монолитного домостроения и позволяет использовать наиболее современные технологии при создании ограждающих конструкций. Каркас здания, обеспечивающий его

прочность, создается по монолитной технологии, а заполнение проемов может осуществляться гораздо более разнообразно.

На основании анализа развития технологии ограждающих конструкций на воронежском предприятии ОАО «Домостроительный комбинат» (ОАО «ДСК») проводится инновационная работа по изучению перспектив развития ограждающих конструкций. По результатам исследований можно выделить следующие поколения при разработке технологии создания ограждающих конструкций [94]:

монолитные стены с использованием съемной опалубки;

монолитные стены с использованием несъемной опалубки из вспененного полистирола «Пластбау» или Velox (при строительстве зданий с числом этажей не более пяти);

монолитные стены с использованием несъемной пенополистирольной опалубки типа «АБС», «Изодом» (при строительстве зданий повышенной этажности, но не более шестнадцати этажей);

заполненные крупнопористым керамзитобетоном монолитные стены с использованием несъемной опалубки из цементно-стружечных плит (ЦСП) (при строительстве пятиэтажных зданий);

заполненные крупнопористым керамзитобетоном монолитные стены с использованием несъемной опалубки из ЦСП (при строительстве зданий повышенной этажности (до шестнадцати этажей включительно)).

В настоящий момент процесс инновационного развития на ОАО «ДСК» в области разработки эффективных ограждающих конструкций для строительства зданий повышенной этажности привел к созданию технологии использования несъемных опалубочных систем с последующим их заполнением крупнопористым керамзитобетоном с плотностью $\gamma = 500 \text{ кг/м}^3$. В этом случае получается монолитная стена с высокими эксплуатационными свойствами.

Предлагаемая технология не только позволяет получить конструкцию, обладающую необходимыми эксплуатационными параметрами, но и является технологичной, обеспечивающей снижение трудозатрат, времени и стоимости выполнения работ по сравнению с кирпичной кладкой. Разработанный вариант тех-

нологии применим для малоэтажного строительства [94]. В данный момент ведутся работы по совершенствованию технологии в целях ее распространения на строительство зданий любой этажности.

3.3 Реализуемость фаз жизненного цикла инновации

Считается, что жизненный цикл инновации состоит из стадий поиска инновационной идеи, определения возможности применения выбранной инновации в условиях конкретной организационной системы, запуска ее в производство, использования и завершения периода эксплуатации.

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. Если же разработчик пропустит поколение, значит, не все возможности новшества будут использованы [97]. Определение временных границ каждого поколения является далеко не тривиальной задачей, но опыт исследований показал, что наиболее рациональным временем начала развития следующего поколения будет являться запуск в производство предыдущего. Именно модель развития инновации по поколениям и дает возможность реализовать потенциал развития идеи в последующем поколении.

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. Все гораздо сложнее, так как ситуация характеризуется высокой степенью неопределенности, а полученные результаты, скорее всего, носят вероятностный характер. Именно успешная реализация первых двух этапов дает возможность рассчитывать на успех [97].

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 $F_i(\tau)$ (рис. 3.1). В данном случае второй индекс в переменной S_{is} будет означать номер стадии жизненного цикла инновации. В дальнейшем будем считать, что рассматриваются все пять стадий.

Представленная на Рисунке 3.1 кривая будет иметь в точке a_i экстремум (максимум), которому будет соответствовать точка τ_i на временной шкале.

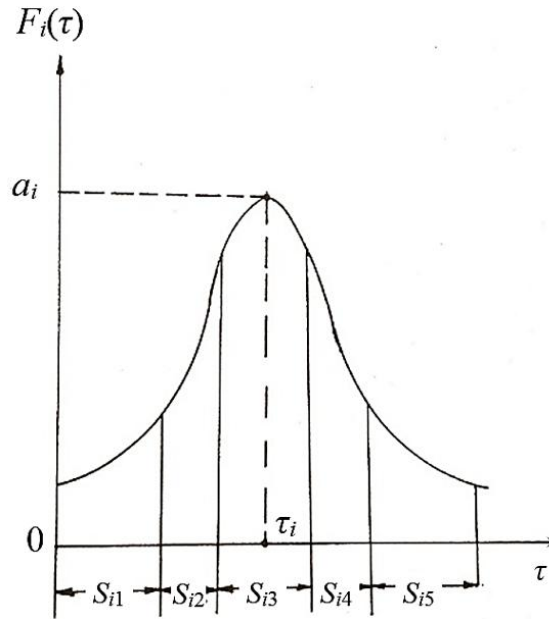


Рисунок 3.1 – Зависимость объема привлекаемых ресурсов от стадии жизненного цикла инновации

Этим значением времени определяется момент наибольшей интенсивности вкладываемых в разработку 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:

$$A_i = \int_0^{\tau_i} F_i(\tau) d\tau. \quad (3.5)$$

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. Ограничения, которые будут конкретизировать стоящую перед управленцами задачу, находятся из условий реального производства и экономического положения организационной системы в целом [97].

Из Рисунка 3.1 можно установить, что для аппроксимации изучаемого процесса наиболее подходящим будет являться кривая Гаусса.

В этом случае интенсивность использования ресурсов будет определяться выражением вида:

$$F_i(\tau) = F_i(\tau, \tau_i, \sigma_i, A_i) = \frac{A_i}{\sigma_i \sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{(\tau - \tau_i)^2}{2\sigma_i^2}\right\}. \quad (3.6)$$

Анализируя выражение (3.6), приходим к выводу, что каждое поколение инновации будет характеризоваться тремя параметрами: среднеквадратичным отклонением (стандартным отклонением) σ_i ; точкой, соответствующей максимальной интенсивности потребления ресурсов τ_i ; величиной суммарных затрат A_i . С учетом известного из математической статистики свойства 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 научного поиска, т.е. величины S_{il} . 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 [97], если α представляет собой долю ресурсов, направленных на стадию научного исследования, от всех средств, используемых на развитие данного поколения (Рисунок 3.2).

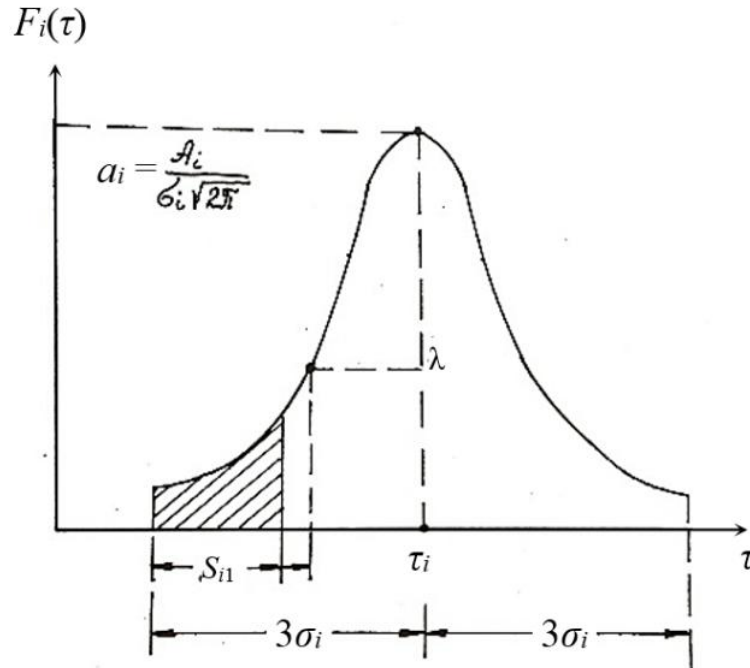


Рисунок 3.2 – Вычисление объема средств, направляемых на стадию научного поиска

В этом случае должно выполняться неравенство $\alpha < 1$.

Можно записать:

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

Если линию, представленную на рис. 3.2, записать в форме функции Лапласа, то получим выражение:

$$\Phi(w) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^w e^{-\frac{x^2}{2}} dx,$$

откуда следует:

$$\alpha = \frac{1}{\sigma_i \sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{-3\sigma_i + S_{i1}} e^{-\tau^2 / 2\sigma_i^2} d\tau = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{-3 + S_{i1}/\sigma_i} e^{-x^2/2} dx, \quad (3.7)$$

или:

$$\alpha = \Phi(-3 + S_{i1} / \sigma_i). \quad (3.8)$$

В итоге время реализации стадии научного поиска можно определить из выражения:

$$S_{i1} = \sigma_i(3 + \Phi^{-1}(\alpha)), \quad (3.9)$$

где величина $\Phi^{-1}(\alpha) < 0$ определяется по таблице функции Лапласа.

Если же уровень использования ресурсов α задавать как отношение максимальной интенсивности потребления ресурсов на стадии научного поиска к максимальной интенсивности использования ресурсов на разработку всего поколения [85, 97], тогда будет справедливо соотношение:

$$F_i(\tau_i - 3\sigma_i + S_{i1}) = \alpha \frac{A_i}{\sigma_i \sqrt{2\pi}}. \quad (3.10)$$

В этом случае используя выражение:

$$\exp\left\{-\frac{(-3\sigma_i + S_{i1})^2}{2\sigma_i^2}\right\},$$

получаем решение, позволяющее определить продолжительность стадии научного поиска:

$$S_{i1} = 3\sigma_i - \sigma_i \sqrt{2} (\ln(1/\alpha))^{\frac{1}{2}}.$$

3.4 Задачи, решаемые на основе модели поколений инноваций

Анализируя задачи, стоящие перед менеджментом организационной системы на этапе разработке инноваций, следует сформулировать возможные задачи, которые могут быть решены с использованием представленной модели поколений инноваций.

Задача 3.1. Пусть известны параметры i -го и $(i + 1)$ -го поколений (3.7, 3.8).

Используя прогнозные значения для времени реализации $(i + 2)$ -го и $(i + 3)$ -

го поколений новшества, а также о величине используемых для этой цели ресурсов A_{i+2} и A_{i+3} , требуется определить стандартные отклонения для этих поколений, т. е. σ_{i+2} и σ_{i+3} . При этом должны быть выполнены условия [132], определяющие ограничения на минимальную продолжительность фазы научного поиска:

$$S_{51}, S_{61} \geq S_{\min}. \quad (3.11)$$

На первом шаге задача решается без учета ограничений (3.11).

Для последующего решения принимается гипотеза о том, что жизненные циклы поколений будут пропорциональны интервалам между пиками кривых F_i (Рисунок 3.3). Если предположить, что нам необходимо на базе сведений о третьем и четвертом поколении получить значения стандартных отклонений для пятого и шестого поколения, то запишем гипотезу в следующем виде:

$$\frac{T_5}{T_4} = \frac{\sigma_5}{\sigma_4} = \frac{\tau_5 - \tau_4}{\tau_4 - \tau_3}; \frac{T_6}{T_5} = \frac{\sigma_6}{\sigma_5} = \frac{\tau_6 - \tau_5}{\tau_5 - \tau_4}. \quad (3.12)$$

Соотношение (3.12) позволяет получить предварительное решение задачи, которое в общем случае может и не удовлетворять ограничению (3.11):

$$\sigma_5 = \sigma_4 \frac{\tau_5 - \tau_4}{\tau_4 - \tau_3}; \sigma_6 = \sigma_4 \frac{\tau_6 - \tau_5}{\tau_4 - \tau_3}. \quad (3.13)$$

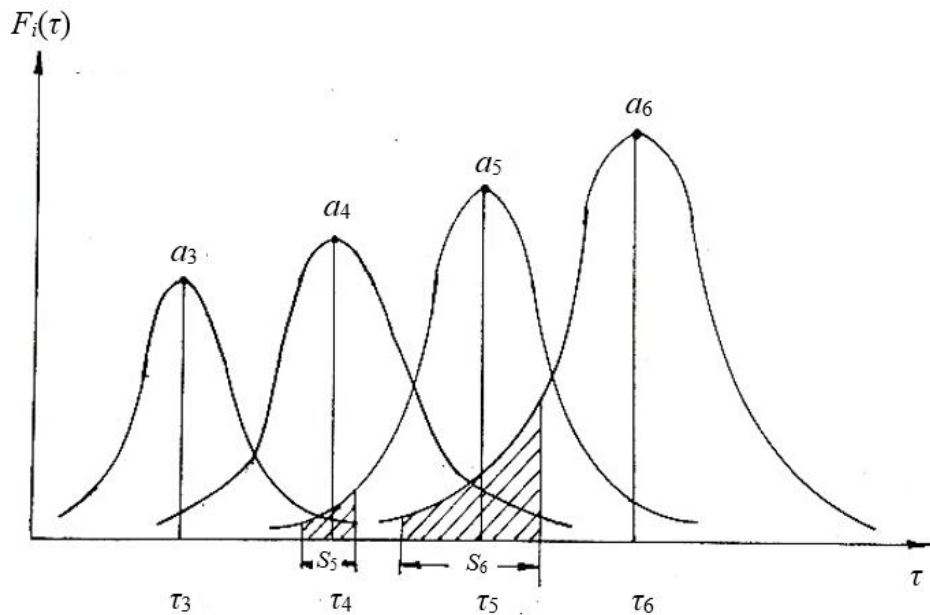


Рисунок 3.3 – Взаимное расположение различных поколений новшества

Найденные значения необходимо подставить в выражения (3.9) или (3.10), определяющие время фазы научного поиска (выбор выражения для подстановки будет зависеть от способа задания α). Это позволяет вычислить значения требуемых величин, которые для нашего примера будут S_{51} , S_{61} .

В случае, когда решение удовлетворяет ограничению (3.11), выражением (3.13) будет определяться искомое решение [132], в противном случае необходимо при фиксированных моментах стадии научного поиска увеличить стандартные отклонения σ_5, σ_6 и осуществить перенос времени $\tau_5 \tau_6$ до величин $\sigma_5^0 \sigma_6^0$ и $\tau_5^0 \tau_6^0$ таким образом, чтобы выполнялось условие (3.12).

В этом случае величины $\tau_5^0 \tau_6^0$ будут являться поправками прогноза, полученного на предыдущем шаге $\tau_5 \tau_6$:

$$t_5 = \tau_5 - 3\sigma_5;$$

$$t_6 = \tau_6 - 3\sigma_6.$$

Рассмотрим задачу определения поправки к прогнозу в том случае, когда уровень потребления ресурсов α задается как доля использования ресурса на стадии научного поиска от всего объема, выделенного на эти цели ресурса, т.е. первый вариант, задаваемый соотношением (3.9). Необходимо вычислить минимальную поправку к стандартному отклонению, т.е. значение σ_i^0 , обеспечивающее выполнение исходного ограничения вида (3.11).

Если величина времени на научный поиск определяется из соотношения (3.9), значение поправки σ_i^0 вычисляется подстановкой $S_{i1} = S_{\min}$ в уравнение (3.9), т.е. из выражения:

$$\sigma_i^0 = \frac{S_{\min}}{3 + \Phi^{-1}(\alpha)}. \quad (3.14)$$

В этом случае максимальный уровень интенсивности [132] использования ресурсов будет находиться в точке:

$$\tau_i^0 = t_i + 3\sigma_i^0 = t_i + \frac{3S_{\min}}{3 + \Phi^{-1}(\alpha)}.$$

Подставляя значения t_i для пятого поколения, получим:

$$\tau_5^0 = \tau_5 - 3\sigma_4 \frac{\tau_5 - \tau_4}{\tau_4 - \tau_3} + \frac{3S_{\min}}{3 + \Phi^{-1}(\alpha)}, \quad (3.15)$$

аналогично находим соответствующее значение и для шестого поколения:

$$\tau_6^0 = \tau_6 - 3\sigma_4 \frac{\tau_6 - \tau_5}{\tau_4 - \tau_3} + \frac{3S_{\min}}{3 + \Phi^{-1}(\alpha)}. \quad (3.16)$$

Выражения (3.14) – (3.16) дают решение задачи 3.1 в том случае, когда уровень потребления ресурсов задается как доля от всего запланированного на реализацию данного поколения инновации ресурса [132].

Если величина α задается как отношение максимальной интенсивности потребления ресурсов на стадии научного поиска к максимальной интенсивности использования ресурсов на разработку всего поколения, то σ_i^0 определяется уравнением (3.10), в которое вместо S_i подставлено $S_{\min}$:

$$\sigma_i^0 = \frac{S_{\min}}{3 - \sqrt{2\ln(1/\alpha)}}. \quad (3.17)$$

В этом случае значения τ_5^0 , τ_6^0 задаются выражениями:

$$\tau_5^0 = \tau_5 - 3\sigma_4 \frac{\tau_5 - \tau_4}{\tau_4 - \tau_3} + \frac{3S_{\min}}{3 - \sqrt{2\ln(1/\alpha)}}; \quad (3.18)$$

$$\tau_6^0 = \tau_6 - 3\sigma_4 \frac{\tau_6 - \tau_5}{\tau_4 - \tau_3} + \frac{3S_{\min}}{3 - \sqrt{2\ln(1/\alpha)}}. \quad (3.19)$$

Соотношения (3.17)–(3.19) определяют решение задачи 3.1 при задании уровня потребления ресурса по второму варианту; ограничения вида (3.11) в этом случае выполняются.

Как правило, в задачах, связанных с распределением ресурсов, весьма важным является ограничение бюджетного вида, т.е. ограничение на объем исполь-

зуемого ресурса. К сожалению, в приведенных выше подходах этот фактор не учитывается [91, 132]. Рассмотрим возможный подход к решению этой задачи, когда на суммарное количество ресурса наложено ограничение: величина используемого ресурса не должна превышать заданной величины $\theta(\tau)$. В этом случае задача будет иметь ограничение в виде неравенства, которое можно записать в виде:

$$F(\tau) = \sum_{i=4}^6 F_i(\tau) = \sum_{i=4}^6 \frac{A_i}{\sigma_i \sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{(\tau - \tau_i)^2}{2\sigma_i^2}\right\} \leq \theta(\tau). \quad (3.20)$$

Однако, для применения соотношения (3.20) необходимо задаться видом зависимости $\theta(\tau)$, которая в общем виде неизвестна, и получить ее на реальных данных не представляется возможным. В этом случае приходится задаваться априорной аппроксимацией этого соотношения [91, 132].

Представим себе, что организационная система осуществляет вложение средств в развитие новой техники, индексируя их ежегодно на 2%. Тогда для величины $\theta(\tau)$ будет справедлива аппроксимация:

$$\Delta\theta(\tau) = \theta(\tau)k\Delta\tau,$$

где $k = 0,02$ и определяет темп прироста вложений в инновационное развитие.

Разделив предыдущее соотношение на $\Delta\tau$ и переходя к пределу при $\Delta\tau \rightarrow 0$, получаем для $\theta(\tau)$ дифференциальное уравнение относительно θ :

$$\frac{d\theta}{d\tau} = k\theta,$$

которое дает решение:

$$\theta(\tau) = \theta_0 e^{k\tau}, \quad (3.21)$$

где постоянная интегрирования θ_0 – интенсивность вложений в начальный момент времени.

При достаточно малой величине $k\tau$ предельная интенсивность может быть представлена первыми двумя членами ряда Тейлора и примет вид:

$$\theta(\tau) \approx \theta_0(1 + k\tau). \quad (3.22)$$

Приведенный алгоритм решения задач первого типа позволяет осуществ-

лять вычисление параметров поколения новшества, что дает возможность менеджменту организационной системы более целенаправленно влиять на процесс инновационного развития фирмы.

Задача 3.2 (о выходе на заданный уровень). Имеются данные о предыдущих поколениях развития инновации, т.е., если в качестве предыдущих поколений рассматриваются третье и четвертое, то известны величины τ_3 , σ_3 , A_3 и τ_4 , σ_4 , A_4 . Если в качестве характеристики уровня инновационного развития организационной системы принять момент времени, для которого характерно наибольшее значение интенсивности вложений средств, то необходимо для последнего поколения (в нашем случае шестого) определить этот момент времени и обеспечить при этом минимальное значение предельной интенсивности вложений $\theta(\tau)$. Иными словами, необходимо к заданному моменту времени обеспечить создание нескольких поколений инновационного развития фирмы при минимальных затратах [132]. Формализованная постановка задачи может быть записана в следующем виде, т.е. необходимо минимизировать интенсивность вложений в начальный момент времени:

$$\theta_0 \rightarrow \min. \quad (3.23)$$

В качестве управляемых параметров выступают величины A_5 , σ_5 , τ_5 , A_6 , σ_6 , при этом полученное решение должно удовлетворять исходным ограничениям вида (3.11) и (3.20).

Решение задачи (3.23) предполагает итерационное решение первой задачи, которое в самом простом случае может состоять из одной итерации (3.9, 3.10).

В качестве целевой функции можно выбрать и другую величину. Если по исходным условиям известна величина ресурсов, направляемых на реализацию новшества, то используя соотношение (3.22), согласно которому единственным варьируемым параметром остается k , приходим к целевой функции вида:

$$k \rightarrow \min \quad (3.24)$$

Если решение задачи вида (3.23) или (3.24) окажется меньше тех же величин, получаемых из соотношения (3.21), это означает, что можно уменьшить ве-

личину τ_6 и тем самым ускорить инновационное развитие. Если же полученные в результате решения оптимизационной задачи (3.23) или (3.24) значения окажутся выше величин, получаемых по уравнению (3.21), следовательно, значение $\theta(\tau)$ превышает реальные возможности системы. Скорректировать подобную ситуацию возможно только изменением значений коэффициентов, входящих в выражение, задающее зависимость $\theta(\tau)$. Это будет означать, что повышается эффективность используемых ресурсов, т. е. повышается производительность труда разработчиков.

Задача 3.3 (о приближении к заданному уровню). Требуется за минимальное время по известным характеристикам предыдущих поколений обеспечить создание последнего поколения инновации.

Пусть известны параметры третьего и четвертого поколений [132]. Необходимо найти минимальное время создания шестого поколения, т.е. целевая функция задачи принимает вид:

$$\tau_6 \rightarrow \min \quad (3.25)$$

при ограничениях, задаваемых выражениями (3.11), (3.20), (3.22).

Варьируемыми параметрами задачи являются $A_5, \tau_5, \sigma_5, A_6, \sigma_6$.

Задача 3.4 (о равномерности вложений). 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.

Если заданы свойства третьего и четвертого поколений новшества, интенсивность вложений $\theta(\tau)$, определяемая из уравнения (3.22), и время, за которое необходимо создать новое поколение, т.е. τ_6 , то целевая функция задачи может быть записана в виде:

$$\max |F(\tau) - \theta(\tau)| \rightarrow \min.$$

Управляемыми параметрами являются $A_5, \tau_5, \sigma_5, A_6, \sigma_6$.

Суть задачи состоит в достижении наиболее равномерной интенсивности расходования средств, что, как правило, обеспечивает устойчивое функциониро-

вание системы [132].

В рамках рассматриваемой модели возможны и другие оптимизационные постановки задач типов (3.2–3.4, 3.11). Все они относятся к многопараметрическим оптимизационным задачам и могут решаться методом целенаправленного перебора и другими методами.

3.5 Практический пример

На предприятии ОАО «ДСК» осуществляется целенаправленное исследование по созданию перспективных способов возведения зданий и сооружений, результаты которого дали возможность успешного внедрения на предприятии технологии монолитного домостроения в съемной опалубочной системе.

Был определен перспективный подход при создании ограждающих конструкций, основанный на использовании однослойных конструкций стен, приводящий к отказу от использования дорогостоящих материалов, основанных на полимерных тепло-изоляционных материалах. Это позволяет снизить затраты на строительство здания [137].

Единственным серьезным недостатком предлагаемой технологии является то, что она применима для возведения ограждающих конструкций при строительстве зданий не выше пяти этажей. Понятно, что на данный момент для Воронежа это уже имеет невысокую востребованность. Следовательно, встает вопрос о разработке нового поколения данного новшества для применения его при возведении зданий повышенной этажности до двадцати пяти этажей.

Процесс разработки инновации по созданию современных ограждающих конструкций может быть представлен как инновационный процесс, разбитый на стадии создания:

ограждающей конструкции по монолитной технологии на основе тяжелого бетона в съемной опалубке;

ограждающей конструкции по монолитной технологии на основе тяжелого бетона в несъемной опалубке для зданий до пяти этажей (опалубки из вспененно-

го полистирола «Пластбау», Velox);

ограждающей конструкции на основе монолитной стены, выполненной из тяжелого бетона в несъемной опалубке, при строительстве зданий повышенной этажности до двадцати пяти этажей (пенополистирольная опалубка «АБС», «Изо-дом»);

ограждающей конструкции на основе монолитной стены в несъемной опалубке из ЦСП с заполнением крупнопористым керамзитобетоном при возведении зданий до пяти этажей;

ограждающей конструкции на основе монолитной стены в несъемной опалубке из ЦСП с заполнением крупнопористым керамзитобетоном при строительстве зданий повышенной этажности до двадцати пяти этажей.

Таким образом, работа по созданию инновации в области разработки технологии возведения ограждающих конструкция на ОАО «ДСК» может быть разбита на пять поколений [137]. При этом работы по четырем поколениям уже завершены, но возникает задача определения параметров пятого поколения на основе имеющихся данных по третьему и четвертому. Необходимо определить характеристики пятого поколения при условии ограничения на минимальную продолжительность фазы научного поиска.

Способ решения такой задачи был рассмотрен выше, поэтому применим предложенный алгоритм. Будем считать, что жизненные циклы поколений пропорциональны интервалам между пиками кривых F_i (рис. 3.3), тогда соотношение (3.12) может быть записано в виде:

$$\frac{T_5}{T_4} = \frac{\sigma_5}{\sigma_4} = \frac{\tau_5 - \tau_4}{\tau_4 - \tau_3}.$$

Из этого соотношения находим интересующую нас величину σ_5 :

$$\sigma_5 = \sigma_4 \frac{\tau_5 - \tau_4}{\tau_4 - \tau_3}.$$

На предприятии ОАО «ДСК» в ходе финансового планирования инноваций

в качестве заданного уровня потребляемых ресурсов α используется отношение максимальной интенсивности вложений на стадии научного поиска к максимальной интенсивности вложений всего поколения [137].

Поэтому для данного случая подставим найденное значение для σ_5 в формулу:

$$S_{i1} = 3\sigma_i - \sigma_i \sqrt{2(\ln(1/\alpha))^{\frac{1}{2}}}.$$

Это выражение дает первое приближение к решению исходной задачи. Для дальнейшего решения необходимо учесть ограничения на величину используемого ресурса, что даст возможность вычислить поправку к полученному решению S_{51} . Практика показала, что на предприятии при выполнении этапа научного поиска используется до 80% отпущенных на реализацию инновации средств, т.е. $\alpha = 0,8$.

Принимая во внимание имеющиеся сведения о параметрах третьего $\tau_3 = 30$ и четвертого поколений, когда наибольшая интенсивность вложения средств была достигнута на 40-м месяце, т. е. $\tau_4 = 40$ и $\sigma_4 = 12$, можно вычислить $\sigma_5 = 14,4$. Следовательно, $S_{51} \approx 34$ месяца, т. е. для пятого поколения продолжительность этапа научного поиска будет иметь продолжительность 34 месяца. Возникает проблема уменьшения этого значения. Для этой цели вычислим поправку τ_5^0 к полученной величине прогноза τ_5 , используя приведенный выше алгоритм, и получим 33 месяца.

3.6 Выбор стратегии управления развивающейся организационной системой в условиях неопределенности и конфликта интересов

Процесс управления проектами в организационных системах в настоящее время является важнейшим звеном в процедуре организации проектов, их контроля и успешной реализации. Как показывает практика реализации проектов, в последнее время участилось несоответствие между плановыми характеристиками проектов и показателями их реализации. В какой-то мере это связано и с некомпе-

тентностью персонала, осуществляющего планирование и недостаточный контроль над проектами, и с динамически меняющимися требованиями к результатам выполнения (3.13, 3.14).

Возросшая сложность в организации работ, переход к новым технологиям, а также возрастающая турбулентность на рынке ведет к увеличению рисков при реализации проектов. Ввиду этого, актуальным становится разработка новых и усовершенствование существующих методов управления проектами в условиях возрастающей неопределенности.

В работе приводятся методы выбора стратегии управления проектами в условиях высокой неопределенности и описаны основные математические модели, которые могут быть использованы при недостаточной информации о возможных условиях, в которых будет происходить реализация проектов.

При эффективном управлении проектами [85, 91] огромную роль играет учет внешних факторов и учет внутренних условий, которые приводят к значительному изменению требований, предъявляемых к организации и контролю работ и мероприятий. К тому же внешнее воздействие на проект может сильно меняться с течением времени, особенно при долгосрочных проектах, что приводит к достаточно большой неопределенности при планировании.

На основе вышесказанного, для планирования и организации мероприятий по реализации проектов, рационально использовать математические модели принятия решений в условиях неопределенности и конфликта интересов (3.15, 3.16), однако с учетом некоторой информации о возможных условиях, в которых будут реализовываться проекты, которая может быть получена в результате проведения маркетинговых мероприятий (3.17).

3.6.1 Математическая постановка задачи

Рассмотрим математическую постановку задачи выбора оптимальной стратегии по организации и управлению строительными проектами в условиях конфликта и неопределенности. Такая модель основана на возможных сценариях ор-

ганизации строительных работ, что прямым образом отражается на успешности реализации строительных проектах [94].

На первом этапе на основе экспертного оценивания с привлечением маркетинговых исследований анализируются возможные сценарии влияния внешних и внутренних факторов на реализацию строительного проекта. Параллельно с этим формируются возможные стратегии по организации и управлению строительными проектами.

Рассмотрим математическую модель в общем виде.

Введем следующие исходные данные и их обозначения:

N - количество стратегий реализации строительного проекта;

M - число возможных сценариев влияния внешних и внутренних факторов на процесс реализации строительного проекта;

a_{ij} - оценка некоторого показателя эффективности для i -й стратегии при реализации j -го сценария, $i=1, 2, \dots, N$; $j=1, 2, \dots, M$, в качестве таких показателей могут выступать временные, стоимостные или качественные результаты реализации строительного проекта.

Необходимо найти оптимальную стратегию по организации и управлению строительными проектами (возможно в вероятностном плане), соответствующую наилучшему соответствию показателям эффективности.

Выбор стратегии на основе теории игр:

Выбор оптимальной стратегии определяется в первую очередь тем, с чем связано воздействие внешних (или внутренних) факторов, способных вмешаться в реализацию проекта, и чем они обусловлены. Рассмотрим сначала ситуацию, когда внешнее воздействие образует активную систему, то есть она «заинтересована» в том, чтобы осуществить это воздействие с максимальным ущербом и выбор ситуации производится осознанно. В данной работе предлагается модель выбора оптимальной стратегии, основанная на теории игр (3.20-3.22). Выбор игровых моделей для решения данной задачи обусловлен тем, что успех от осуществления проекта является результатом противодействия управления строительным проектом (управляющая сторона или игрок) и внешних или внутренних факторов, им

противостоящим (противодействующая сторона). Такая ситуация, например, может случиться, если влияние внешних и внутренних факторов связано с действиями конкурирующей стороны.

Кроме этого, данное противостояние управляющей и противодействующей сторон удобно моделировать на основании конкретных действий и стратегий соперников, которые можно оценить экспертными методами. Все это говорит о возможности решения задачи выбора оптимальной стратегии при строительстве в зависимости от реальных условий реализации строительных проектов, на основе математической модели парных матричных антагонистических игр (3.20).

Перейдем к математической формулировке модели выбора оптимальной стратегии. Рассмотрим противодействие управляющей стороны, цель которой повысить вероятность успешного осуществления проекта с минимальным риском от влияния активной системе противодействий. Пусть число возможных вариантов выбора оптимальной стратегии при строительстве равно m , обозначим эти стратегии как $M_1, M_2, \dots, M_m$. Противоборствующая сторона проводит противодействующие мероприятия, имея при этом n способов организации возможных сценариев противодействия, которые обозначим как $R_1, R_2, \dots, R_n$, целью которых является уменьшение вероятности успешного реализации проекта или нанесение максимального ущерба.

Исходными данными будет матрица эффективности каждой стратегии при каждом сценарии развития ситуации, которую мы ранее обозначили как a_{ij} . Ее элементы показывают, как эффективно будут работать стратегии при каждом сценарии развития ситуации. Элементы матрицы могут иметь произвольную размерность - это могут быть вероятности успешного реализации, время на осуществление работ или затраты на них, или иные показатели эффективности [85].

Данную матрицу на языке теории игр, назовем матрицей игры A (3.21):

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ & & \dots & \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix}.$$

Ставится задача найти веса стратегий при реализации строительного проекта W_i , $i=1, 2, \dots, m$, которые определяют смешанные стратегии игрока, задействованных в строительстве. На языке теории игр, эти стратегии обозначим как $\begin{pmatrix} M_1 & M_2 & \dots & M_m \\ W_1 & W_2 & \dots & W_m \end{pmatrix}$. Одновременно с этим, для анализа влияния противодействий, можно определить важности сценариев соперника или вероятности их осуществления ω_j , $j=1, 2, \dots, n$, которые имеют смысл смешанных стратегий для стороны, занимающейся противодействием, которые обозначим как $\begin{pmatrix} R_1 & R_2 & \dots & R_n \\ W_1 & W_2 & \dots & W_n \end{pmatrix}$.

Для их нахождения, введем некоторые промежуточные переменные, не имеющие четкого определения в рамках решаемой задачи, но необходимые для решения дальнейших задач оптимизации: x_i , $i=1, 2, \dots, m$; y_j , $j=1, 2, \dots, n$.

Решаем сначала задачу для управляющей стороны. Согласно теории матричных игр (3.20), для нахождения весов стратегий при реализации строительного проекта, необходимо решать задачу линейного программирования вида:

$$\begin{aligned} & x_1 + x_2 + \dots + x_m \rightarrow \min; \\ & \begin{cases} a_{11}x_1 + a_{21}x_2 + \dots + a_{m1}x_m \geq 1; \\ a_{12}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{m2}x_m \geq 1; \\ \dots \\ a_{1n}x_1 + a_{2n}x_2 + \dots + a_{mn}x_m \geq 1; \end{cases} \\ & x_i \geq 0; \quad i = 1, 2, \dots, m. \end{aligned} \tag{3.26}$$

Из решения задач линейного программирования (3.26) находятся цена игры (3.20, 3.22):

$$v = \frac{1}{x_1 + x_2 + \dots + x_m},$$

которая имеет смысл показателя, характеризующего степень успеха для игрока, осуществлявшего управление строительством, которая измеряется в тех же единицах, что и элементы матрицы A , и равная средней величины успеха в этих единицах [85, 91]. На основании цены игры, рассчитываются веса или важности j -й стратегии при реализации проекта или мероприятия с точки зрения его вклада в

выполнения задачи успешного реализации проекта:

$$W_i = x_i v, \quad i = 1, 2, \dots, m. \quad (3.27)$$

Как было сказано ранее, данная модель также позволяет проанализировать эффективность действий противодействующей стороны. Для этих целей решается задача линейного программирования (3.20), которая является двойственной по отношению к задаче линейного программирования (3.26):

$$\begin{aligned} & y_1 + y_2 + \dots + y_n \rightarrow \max; \\ & \begin{cases} a_{11}y_1 + a_{12}y_2 + \dots + a_{1n}y_n \leq 1; \\ a_{21}y_1 + a_{22}y_2 + \dots + a_{2n}y_n \leq 1; \\ \dots \\ a_{m1}y_1 + a_{m2}y_2 + \dots + a_{mn}y_n \leq 1 \end{cases} \\ & y_j \geq 0; \quad j = 1, 2, \dots, n. \end{aligned} \quad (3.28)$$

После этого определяется цена игры $v = \frac{1}{y_1 + y_2 + \dots + y_n}$, которая имеет тот

же смысл, что и цена игры для стороны, осуществляющей управление строительством, и равна ей численно, а затем определяем важности сценариев противодействующей стороны ω_j , при условии, что сторона противодействия, будет придерживаться рациональной стратегии и анализировать возможные стратегии при реализации строительного проекта:

$$w_j = y_j v, \quad j = 1, 2, \dots, n. \quad (3.29)$$

Решить приведенные оптимизационные задачи можно на базе MS Excel, о чем будет сказано далее.

3.6.2 Выбор стратегии в условиях неопределенности

Иная ситуация возникает, когда внешнее воздействие образует пассивную систему, то есть она не заинтересована в том, чтобы осуществить это воздействие с максимальным ущербом и выбор ситуации производится случайно. В этом случае выбор оптимальной стратегии реализации проектов проводится на основе модели принятия решений в условиях неопределенности, и принятие решения осу-

ществляется на основе расчета функции полезности $F_i, i=1, 2, \dots, N$ (3.16, 3.19), где для каждой стратегии эта функция имеет смысл степени рациональности выбора стратегии реализации строительного проекта при имеющейся информации. Далее производится оптимальный выбор с максимальной или минимальной (в зависимости от направленности критерия эффективности a_{ij}) функцией полезности.

Расчет функции полезности осуществляется на основе определенных алгоритмов или критериев (3.19), выбор критерия осуществляется на основе объема имеющейся информации, степени влияния внешних факторов, степени риска при принятии решений и иных условиях.

Ниже опишем основные критерии принятия решений в условиях неопределенности, которые рационально использовать для решения поставленной задачи.

Критерий Лапласа. Он применяется в случае полного отсутствия информации по возможным сценариям, которые могут быть реализованы на стадии реализации строительного проекта. Согласно данному критерию, производится усреднение показателей критерия эффективности по всем сценариям, что и служит функцией полезности, рассчитанной по формуле:

$$F_i = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M a_{ij} . \quad (3.30)$$

Критерий Вальда. Данный критерий предполагает минимальный риск при реализации проектов, тем самым подстраховываясь от вариантов, в которых возможна ситуация, когда проекту может быть нанесен большой ущерб. Однако, критерий за счет минимизации риска, может не принимать варианты с выгодными ситуациями при реализации проектов, если данные варианты при иных сценариях могут предлагать слишком большой риск. Иными словами, критерий Вальда это самый осторожный критерий, выбор стратегии осуществляется с минимальным риском для реализации проекта. Расчет функции полезности по нему осуществляется по формуле:

$$F_i = \min_j a_{ij} . \quad (3.31)$$

Критерий Гурвица. Данный критерий является универсальным, который по-

зволяет определять степень риска. В качестве управления риском задается параметр $\alpha \in [0; 1]$, характеризующий степень возможного риска, при этом значению 0 соответствует минимальный риск (при этом критерий Гурвица переходит к критерию Вальда), а значению 1, что соответствует максимальному риску. Функция полезности для этого критерия определяется формулой:

$$F_i = \alpha \cdot \max_j a_{ij} + (1 - \alpha) \cdot \min_j a_{ij}. \quad (3.32)$$

Критерий Байеса. Данный критерий не привязан к степени риска, так как он применяется, если есть некоторая, возможно вероятностная информация о том, какой сценарий будет реализован. Обозначив через p_j вероятность реализации j -ого сценария, $j=1, 2, \dots, M$, функцию полезности можно определить как:

$$F_i = \sum_{j=1}^M p_j a_{ij}. \quad (3.33)$$

После применения критериев выбирают такую стратегию по организации и управлению проектами, для которой функция полезности максимальная.

В приведенных формулах по критериям предполагается, что критерий выбора стратегии по организации и управлению проектами максимизируется (чем больше, тем лучше). В случае минимизации критериев, выбирается стратегия, соответствующая минимальной функции полезности, формулы (3.30) и (3.33) не изменятся, формула (3.31) примет вид:

$$F_i = \max_j a_{ij},$$

а формула (3.32) будет такова:

$$F_i = \alpha \cdot \min_j a_{ij} + (1 - \alpha) \cdot \max_j a_{ij}.$$

Выбор оптимальной стратегии по организации и управлению проектами во многом зависит от выбранного критерия оценки функции полезности. Области применения критериев указаны при их описании, ниже приведем алгоритм выбора оптимальной стратегии для реализации проектов.

3.6.3 Алгоритм выбора оптимальной стратегии

На основе предложенных критериев, можно построить алгоритм выбора оптимальной стратегии при управлении проектами [137], который проводится на базе теории игр и на основе методов принятия решений в условиях неопределенности, он приведен на Рисунке 3.4.



Рисунок 3.4 – Алгоритм выбора оптимальной стратегии

Приведем методику расчета по моделям выбора оптимальной стратегии на

некотором примере.

Методика проведения вычислений по моделям

Рассмотрим ситуацию, когда организация располагает шестью стратегиями проведения работами по некоторому проекту, которые сильно зависят от влияния внешних факторов, что связано со значительными рисками. Аналитики выделили семь возможных сценариев развития ситуации в период реализации проекта.

Были произведены оценки, которые дали числовые значения степени привлекательности каждой стратегии по каждому сценарию (максимизирующий критерий эффективности), который приведен в Таблице. 3.1.

Таблица 3.1 – Значения критерия эффективности при выборе стратегии

Стратегии	Возможный сценарий воздействия на проект						
	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6	R_7
M_1	0,9	0,1	0,3	0,8	0,7	0,5	0,6
M_2	0,2	0,5	0,8	0,6	0,2	0,5	0,3
M_3	0,1	0,4	0,6	0,5	0,9	0,2	0,1
M_4	0,5	0,9	0,5	0,3	0,1	0,4	0,2
M_5	0,7	0,3	0,2	0,6	0,3	0,4	0,8
M_6	0,6	0,7	0,3	0,1	0,2	0,9	0,4

Рассмотрим сначала методику получения весов стратегий по организации и управлению проектам в случае использования теории игр [85]. Учитывая то, что математическая модель для данного случая предполагает решение оптимизационной задачи, рассмотрим методику проведения вычислительных процедур подробно.

Интерфейс расчетного листа в среде MS Excel изображен на Рисунке 3.5.

Исходные данные вводятся в ячейки, выделенные серым, остальные данные пересчитываются с помощью надстройки «Поиск решений». Для решения задач линейного программирования (3.26)-(3.27) и (3.28)-(3.29) необходимо дважды использовать надстройку «Поиск решений».

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Платежная матрица							Бес управляющей страт			
2	Управление\Противодействие	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	Переменные Веса		
3	M1	0,9	0,1	0,3	0,8	0,7	0,5	0,6	0,069	0,030	
4	M2	0,2	0,5	0,8	0,6	0,2	0,5	0,3	0,372	0,163	
5	M3	0,1	0,4	0,6	0,5	0,9	0,2	0,1	0,627	0,274	
6	M4	0,5	0,9	0,5	0,3	0,1	0,4	0,2	0,096	0,042	
7	M5	0,7	0,3	0,2	0,6	0,3	0,4	0,8	0,790	0,345	
8	M6	0,6	0,7	0,3	0,1	0,2	0,9	0,4	0,333	0,146	
9	Решение для управляющей стороны										
10	Ограничения управления	1	1	1	1,127634	1	1	1			
11	Целевая (управление)	2,287		Цена игры	0,437342						
12	Решения для противодействующей стороны							Внешнее воздействие			
13	Управление\Противодействие	M1	M2	M3	M4	M5	M6		Переменные Веса		
14	R1	0,9	0,2	0,1	0,5	0,7	0,6		0,080	0,035	
15	R2	0,1	0,5	0,4	0,9	0,3	0,7		0,583	0,255	
16	R3	0,3	0,8	0,6	0,5	0,2	0,3		0,475	0,208	
17	R4	0,8	0,6	0,5	0,3	0,6	0,1		0,000	0,000	
18	R5	0,7	0,2	0,5	0,1	0,3	0,2		0,441	0,193	
19	R6	0,5	0,5	0,2	0,4	0,4	0,9		0,060	0,026	
20	R7	0,6	0,3	0,1	0,2	0,8	0,4		0,647	0,283	
21	Ограничения при противод.	1	1	1	1	1	1				
22	Целевая (противодействие)	2,287		Цена игры	0,437342						

Рисунок 3.5 – Интерфейс расчетного листа в MS Excel

Все расчетные формулы листа MS Excel приведены в Таблице 3.2, там же указаны параметры надстройки «Поиск решений».

Таблица 3.2 – Расчетные формулы для решения задачи (3.26) – (3.27) в MS Excel

Лист MS Excel		
Ячейка	Формула	Диапазон автозаполнения
B2	=СУММПРОИЗВ(B3:B8;\$J\$3:\$J\$8)	B10-H10
J3-J8	Произвольные или пустые значения	-
J14-J20	Произвольные или пустые значения	-
B11	=СУММ(J3:J8)	-
E11	=1/B11	-
K3	=J3*\$E\$11	K3-K8
A13	=ТРАНСП(A2:H8)	Массив на A13-G20
B21	=СУММПРОИЗВ(B14:B20;\$J\$14:\$J\$20)	B21-G21
B22	=СУММ(J14:J20)	-
E22	=1/B22	-
K14	=J14*\$E\$22	K14-K20
Параметры надстройки «Поиск решений»		

Поле	Значение
Задача для управляющей стороны	
Ячейка целевой функции	\$B\$11
Направление оптимизации	Минимум
Изменяемые переменные	\$J\$3:\$J\$8
Ограничения	\$B\$10:\$H\$10 $\geq$ 1
Ограничения	\$J\$3:\$J\$8 $\geq$ 0
Задача для противодействующей стороны	
Ячейка целевой функции	\$B\$22
Направление оптимизации	Максимум
Изменяемые переменные	\$J\$14:\$J\$20
Ограничения	\$B\$21:\$G\$21 $\leq$ 1
Ограничения	\$J\$14:\$J\$20 $\geq$ 0

Для приведенного примера, приведем графики эффективности применения стратегий при реализации проектов для приведенного примера, с матрицей игры, приведенной в Таблице 3.1.

Этот график изображен на Рисунке 3.6.

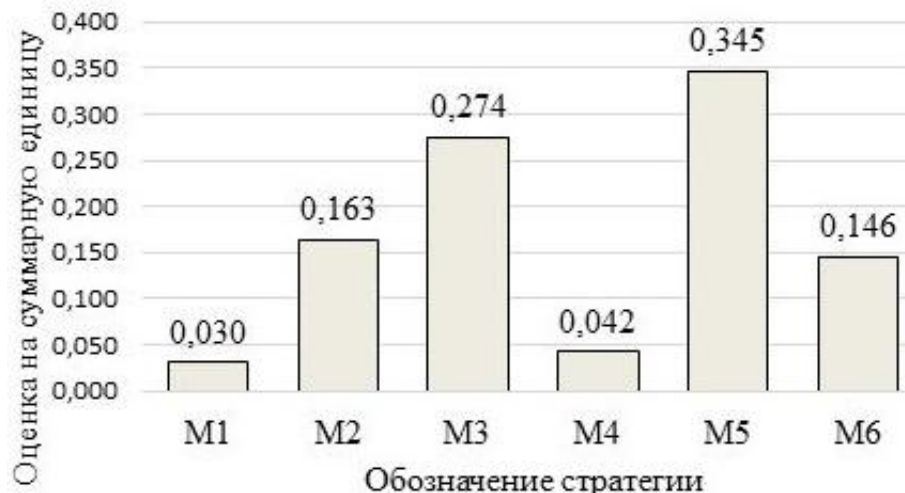


Рисунок 3.6 – Веса стратегий для матрицы игры, приведенной в Таблице 3.1

Анализируя возможную стратегию реализации противодействия в соответствии с решением, полученным по теории игр, приведем веса сценариев противодействия, которые можно интерпретировать как вероятности осуществления сценариев влияния внешних и внутренних факторов, если противодействующая сторона придерживается рациональной стратегии. Гистограмма весов сценариев противодействующей стороны приведена на Рисунке 3.7.

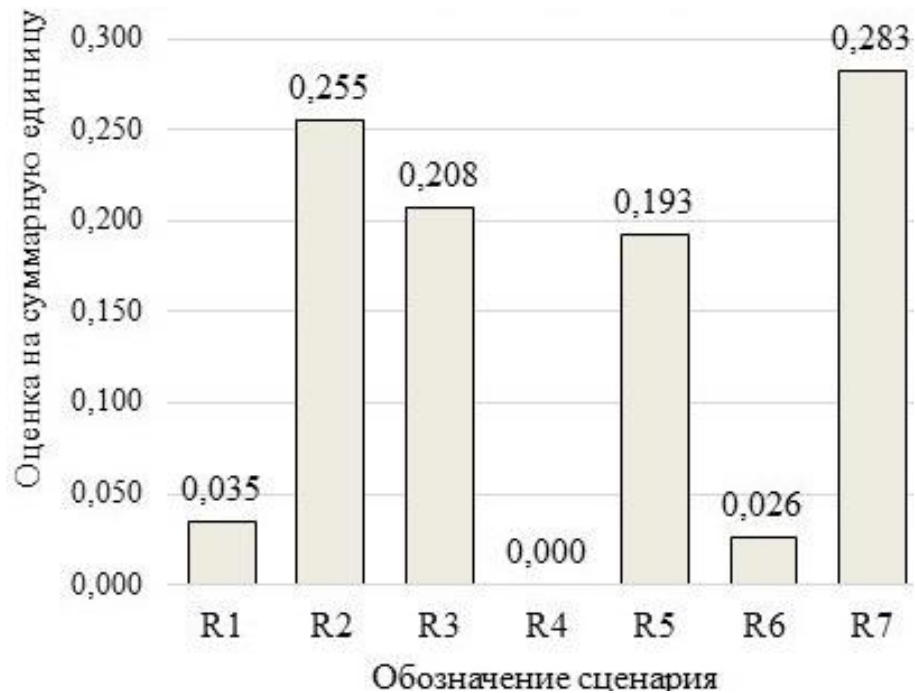


Рисунок 3.7 – Веса или вероятности осуществления противодействующих сценариев для матрицы игры, приведенной в Таблице 3.1

Как видно из Рисунка 3.7, вероятность осуществления сценария противодействующей стороны R4 равна нулю, то есть при рациональном поведении, противодействующая сторона ее проводить не будет, что можно учитывать при планировании стратегии реализации проекта.

Таким образом, разработанная на основе парных матричных игр математическая модель оценки весов стратегий реализации проектов, позволяет не только определять эти веса, но и проводить анализ возможных сценариев противодействующих сторон [137].

Перейдем теперь к ситуации, когда система влияния внешних факторов на процесс является пассивной и используются критерии принятия решений в условиях неопределенности. Приведем результаты расчета функций полезности по разным критериям, добавив к ним оценки весов, полученные по теории игр.

Показатели функций полезности или весов стратегий приведены в Таблице 3.3, определены оптимальные варианты стратегий, которые выделены жирным шрифтом.

Таблица 3.3 – Значения функций полезности или весов стратегий

Стратегия	Теория игр	Критерий Вальда	Критерий Гурвица при $\alpha=0,5$	Критерий Байеса при вероятностях 0,1; 0,2; 0,1; 0,2; 0,2; 0,1; 0,1	Критерий Лапласа
M1	0,030	0,125	0,164	0,201	0,203
M2	0,163	0,250	0,172	0,161	0,161
M3	0,274	0,125	0,164	0,168	0,146
M4	0,042	0,125	0,164	0,153	0,151
M5	0,345	0,250	0,172	0,164	0,172
M6	0,146	0,125	0,164	0,153	0,167

Для наглядности, приведем графическую интерпретацию результатов расчета по критериям (Рисунок 3.8).

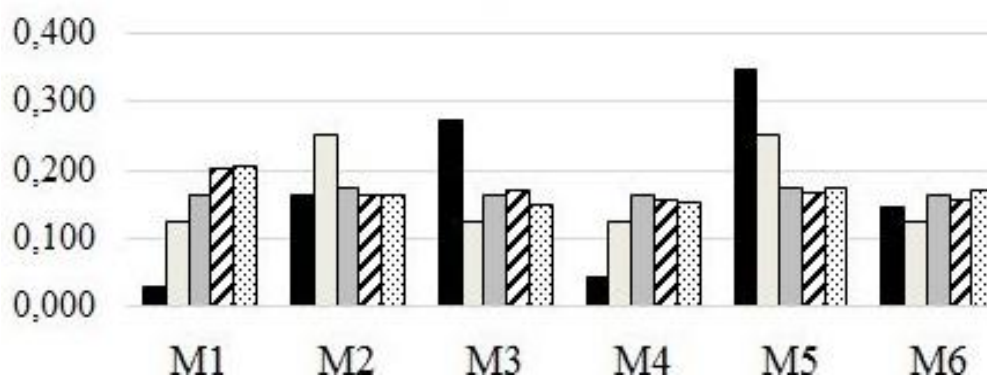


Рисунок 3.8 – Нормированные веса стратегий, рассчитанные разными методами:

■ - теория игр; □ - критерий Вальда; ▒ - критерий Гурвица при $\alpha=0,4$; ▤ - критерий Байеса при вероятностях 0,1; 0,2; 0,1; 0,2; 0,2; 0,1; 0,1; ▦ - критерий Лапласа

Как видно из Рисунка 3.8 и Таблицы 3.3, для приведенных данных результат выбора стратегии управления проектами сильно зависят от того, какой критерий стоит использовать при выборе.

Таким образом, ключевую роль при выборе оптимальной стратегии играют условия реализации проектов, а выбор необходимого критерия при выборе можно осуществлять в соответствии с алгоритмом, который изображен на Рисунке 3.4.

3.6.4 Результаты

Обоснована актуальность проблемы выбора оптимальной стратегии по организации и управлению проектами, которая учитывает внешние условия и внутренние проблемы при их реализации. Разработан алгоритм применения оценочных критериев, позволяющих выбрать наилучшую стратегию реализации проекта в зависимости от степени влияния риска и причинения возможного ущерба.

Алгоритм предполагает разделение угроз на две категории: угрозы, связанные с активным влиянием внешнего воздействия, когда угрозы формируются осознанно и возможный ущерб является определяющим фактором для реализации множества противодействий, приносящих ущерб строительному проекту. Методы противодействия таким угрозам можно анализировать и нивелировать с использованием теории матричных антагонистических игр, что описано в работе.

Второе направление представляют угрозы, которые формируются под влиянием независимых факторов, которые формируются случайно и для их анализа необходимо применение методов принятия решений в условиях неопределенности. В работе приведены основные критерии выбора оптимальной стратегии на основе требований к реализации строительного проекта.

Для выбора варианта действий при выборе оптимальной стратегии по организации и управлению проектами необходимо четко сформировать условия их реализации и получать максимальную информацию о среде реализации проекта, что можно достигнуть с помощью маркетинговых исследований.

3.7 Выводы

С целью планирования инновационного развития организационной системы предлагается модель, базирующаяся на концепции модельного ряда разрабатываемого новшества, когда создаваемые образцы образуют поколение, имеющие взаимосвязь с уже созданными образцами и потенциально служат базой для даль-

нейшего развития, что дает возможность динамически изменять функциональные, конструктивные и технологические признаки создаваемой продукции. Показано, что модель поколений инновационного развития фирмы дает возможность проследить развитие каждого последующего поколения, приведена математическая модель поколений инновационного развития фирмы. Разработаны процедуры прогноза продолжительности жизненного цикла поколения инновационного развития фирмы, допустимой с учетом ограничений интенсивности вложений на каждой стадии жизненного цикла, определения момента достижения и уровня максимальной интенсивности затрат для прогнозируемых поколений инновационного развития фирмы.

Таким образом, *создана модель поколений инновационного развития организационной системы, 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.*

4. МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ И АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ВЫБОРА БАЗОВОГО ПРЕДСТАВИТЕЛЯ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

4.1 Базовые представители направления развития организационной системы

Так как любая продуктивная идея, как правило, имеет продолжение, выражающееся в создании целой последовательности новых изделий, обладающих новыми функциональными свойствами, возникает вопрос о том, что можно использовать в качестве прототипа с целью разработки последующего поколения инновации. Естественно, что в основу отбора положен принцип идентичности сферы применения: трактор применяется для выполнения одного множества работ, а танк для – другого.

Рассматривая деятельность организационной системы в динамике следует отметить, что это приводит к выводу о последовательности реализуемых проектов, что и составляет основную цель существования любой организационной системы. Но каждый проект имеет свой жизненный цикл, а это означает, что потребляемые в ходе реализации проекта ресурсы используются неравномерно. То есть может возникнуть ситуация, когда пики потребления ресурсов по отдельным проектам могут совпасть и превысить возможности организационной системы в данный момент. Таких ситуаций можно избежать за счет обоснованного расположения различных стадий проекта по времени, что позволяет «разнести» возникающие максимумы по временной оси и тем самым избежать возникающего дефицита ресурсов. То есть возникает проблема управления продолжительностью жизненных циклов выполняемых проектов [90, 92].

С другой стороны, жизненный цикл проекта, как правило, достаточно продолжителен и выручка от проекта будет поступать нескоро, что естественно сказывается на его эффективности. Именно поэтому для руководителя проекта является ключевой проблемой ускорить процесс получения дохода. То есть сделать

так, что проект как можно быстрее начал окупаться. А для этого, прежде всего, необходимо еще на стадии планирования выделить возможные этапы реализации проекта, каждый из которых может иметь свой самостоятельный коммерческий интерес [90].

Как, например, это делается при управлении строительством промышленных предприятий (4.1, 4.2, 4.3). Для этого используется понятие пускового комплекса, представляющего часть объекта, который может эксплуатироваться и давать продукцию нужной номенклатуры с требуемым качеством с соблюдением всех технических и экологических требований. А в это время происходит дальнейшая работа по строительству всего объекта.

Самым простым решением по формированию модельного ряда было бы включение в качестве прототипа всего множества уже созданных изделий. Но это несколько избыточное решение. 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.

Таким образом, матрица свойств A будет состоять из нулей и единиц. Если при формировании матрицы свойств использовать упорядоченное по времени создания множество изделий N (а свойства привязаны к изделию), то изделия, разработанные в более позднем периоде, как правило, обладают новыми свойствами, но теряют некоторые старые.

В качестве примера можно привести классическую ситуацию, особенно ярко проявившуюся в период ликвидации Чернобыльской катастрофы: применение полупроводниковой элементной базы привело к возникновению совершенно новых свойств, но противорадиационная устойчивость аппаратуры была потеряна

[90]. Именно поэтому матрица A будет иметь лентообразную структуру: элементы $a_{ij} = 1$ будут группироваться преимущественно около главной диагонали, образуя своеобразную «ленту».

Следовательно, из экономических соображений [90, 92] возникает задача отбора минимального количества прототипов, которые могут быть использованы для последующей разработки изделия с заданным набором свойств.

Представим эту задачу как задачу целочисленного линейного программирования с целевой функцией:

$$\sum_{i=1}^N x_i \rightarrow \min \quad (4.1)$$

и ограничениями:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^N a_{ij} x_i &\geq y_j, \quad j = \overline{1, M}, \\ \sum_{j=1}^M y_j &= m, \\ x_i &\in \{0, 1\}; \quad i = \overline{1, N}; \\ y_j &\in \{0, 1\}; \quad j = \overline{1, M}, \end{aligned} \quad (4.2)$$

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.

Задача (4.1), (4.2) предполагает определение минимального количества прототипов, которые будут обладать заданным количеством свойств, что как раз может послужить основой для дальнейшего развития данной инновации.

По своему характеру рассматриваемая задача очень 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 [19, 90, 92].

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. должно выполняться соотношение вида:

$$m = M.$$

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, возможные алгоритмы решения которой представлены в работе [20, 90, 92]; задачи второго типа – к классу задач о частичном покрытии. Обе задачи являются *NP*-трудными.

4.2 Алгоритмизация решения задачи о полном покрытии множества

Задача полного покрытия множества формально описывается целевой функцией (4.1) и ограничениями (4.2), из которых исключается второе ограничение, т.е. задача приобретает следующий вид.

Целевая функция (4.1) остается без изменения, а система ограничений будет записана так:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^N a_{ij} x_i &\geq 1, \quad j = \overline{1, M}, \\ x_i &\in \{0, 1\}; \quad i = \overline{1, N}. \end{aligned} \quad (4.3)$$

Задача (4.1), (4.3) относится к классу задач целочисленного линейного программирования и решаться симплекс-методом уже не может.

Если проанализировать систему ограничений (4.3), 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 [93].

Если некоторому свойству соответствует только одно изделие, то такое из-

делие будем называть уникальным.

Утверждение 4.1. *Уникальные изделия должны включаться в множество отобранных прототипов в обязательном порядке.*

Доказательство. Только уникальное изделие обладает конкретным свойством, никакое другое изделие этого свойства не имеет. Именно поэтому для того, чтобы обеспечить «покрытие» всех свойств формируемой выборкой, необходимо в эту выборку включить и данное изделие. ♦

Определить наличие уникальных изделий достаточно просто: для этого необходимо найти сумму по всем столбцам матрицы свойств. В том случае, если сумма по столбцу равна единице, то изделие, отвечающее этому свойству, является уникальным и его необходимо обязательно включить в решение [93].

Если же рассмотреть произведение всех неравенств, включенных в ограничения, т. е.

$$\prod_{j=1}^M \sum_{i=1}^N a_{ij} x_i \geq 1, \quad (4.4)$$

и раскрыть все скобки, то получится булев многочлен степени M . В этом случае можно сформулировать следующее

Утверждение 4.2. *Каждое слагаемое булевого многочлена M -й степени раскрытого выражения (4.4) представляет собой вариант решения поставленной задачи, удовлетворяющий ограничениям (4.3), но не являющийся в общем случае оптимальным решением.*

Доказательство. Решение, которое необходимо получить, должно удовлетворять системе нестрогих неравенств (4.3), означающих, что каждому свойству должно соответствовать хотя бы одно изделие. Если изделие, имеющее это свойство, единственно, то ограничение будет выполняться в форме равенства и такое изделие будет уникальным. В итоге всю систему ограничений в виде нестрогих неравенств (4.3) можно заменить одним ограничением, представляющим произведение сомножителей, описывающих набор изделий, которые будут обладать рассматриваемым свойством. Таких изделий может быть несколько. В том случае,

когда ни одно из изделий не будет обладать каким-то свойством, сомножитель, соответствующий такому свойству, будет содержать одни нули, и сам будет равен нулю, а поэтому все выражение будет равно нулю, что приводит к нарушению ограничений. Действительно, выражение (4.4) представляет собой произведение, в котором число сомножителей равно числу свойств, которыми обладают все изделия, т.е. M . В свою очередь, каждый сомножитель представляет собой своеобразный перечень изделий, которые обладают данным свойством. Если раскрыть многочлен (4.4), то каждое слагаемое будет иметь степень M и описывать один из вариантов отбора [90, 93].

Тривиальным решением будет выбрать в качестве прототипов весь набор изделий, т.е. все N , но можно и сократить возможное число претендентов на формирование нового поколения инноваций. Это возможно в случае, если какое-то изделие будет частично удовлетворять свойствам, которые присущи и некоторым другим изделиям, которые в этом случае отбирать не нужно. Это сократит число отбираемых образцов для включения в поколение новой техники. При этом размерность решаемой задачи можно сократить на стадии подготовки данных, используя понятие уникального изделия, которому присущи свойства, отсутствующие у других изделий. Как правило, к таким изделиям относятся изделия последней разработки. Естественно, такие изделия должны включаться в решение [93].

Таким образом, задача заключается в отборе минимально необходимого количества прототипов, которые бы обладали всеми свойствами, соответствующими данному модельному ряду изделий. Причем таких множеств может оказаться несколько. Все они выбираются и предъявляются лицу, принимающему решение, которое определяет приемлемый вариант.

Минимальное значение целевой функции будет обеспечено в том случае, когда все ограничения в форме нестрогих неравенств будут выполняться только в виде равенств. Это будет означать, что каждое свойство реализовано только для одного изделия. Но такое на практике, как правило, не встречается, так как обычно каждое свойство характерно для нескольких изделий. Это приводит к тому, что ограничения (4.3) будут выполняться уже в форме строгих неравенств [11, 21, 22,

93]. Но используя двоичный характер переменных задачи x_i , можно заменить систему неравенств на рекуррентную систему булевых уравнений, что позволяет сформулировать следующее

Утверждение 4.3. *Решение задачи (4.1), (4.3) эквивалентно решению последовательности следующих булевых уравнений:*

$$\prod_{j=1}^M \sum_{i=1}^N a_{ij} x_i = k, \quad k = 1, 2, \dots, l, \quad (4.5)$$

Здесь 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.

Доказательство. Знак неравенства в ограничении (4.3) применен потому, что в принципе возможен вариант, когда одним и тем же свойством обладает несколько изделий, и тогда выражение (4.3) будет выполняться как строгое неравенство. Учитывая целочисленный характер задачи можно заменить неравенство (4.4) на последовательность равенств (4.5). Раскрывая выражение (4.5), приходим к булеву полиному степени M . Учитывая, что каждое такое слагаемое будет описывать один из вариантов решения, с целью минимизации количества отбираемых изделий необходимо выбрать тот член полинома, который имеет наименьшее число сомножителей, но они стоят в максимальной степени.

Последовательно решая уравнение (4.5) при различных значениях k , за конечное число итераций приходим к искомому решению.

Для решения поставленной задачи необходимо записать выражение (4.5) в виде полинома M -й степени. Для этой цели в выражении (4.4) выбирают переменную, которая чаще всего встречается и, следовательно, при раскрытии скобок в булевом полиноме будет находиться в максимально возможной степени [12, 14, 20, 93].

В этом случае справедливо следующее:

Утверждение 4.4. *Слагаемые булева полинома (4.5), имеющие минимальное число сомножителей, соответствуют оптимальному решению задачи (4.1),*

(4.3). В этом случае в таком слагаемом содержится наименьшее число переменных x_i , но каждая из них имеет максимально возможную степень.

Доказательство. Каждое изделие может обладать несколькими свойствами, поэтому, отбирая изделия, которые обладают максимальным числом свойств, тем самым уменьшаем количество отбираемых изделий.

На основе свойств булевых многочленов, зафиксированных в утверждениях (4.1) – (4.4), можно построить точный алгоритм решения задачи. Для этой цели необходимо получить развернутое выражение для полинома (4.4). Причем не обязательно требуется получить все множество слагаемых выражения (4.4) в явном виде, а необходимо получить только несколько первых слагаемых, имеющих минимальное число сомножителей в максимальной степени. Степень каждого из сомножителей булева многочлена (4.4) должна быть равна числу свойств, которым должны удовлетворять отобранные образцы изделий. Каждое такое слагаемое, согласно утверждению 4.4, и будет являться решением рассматриваемой задачи.

При этом следует отметить, что выделение из булева многочлена первых членов, содержащих минимальное число сомножителей в максимальной степени, для задачи большой размерности достаточно трудоемкая и весьма затруднительная операция, которая до настоящего времени еще не компьютеризирована. В связи с этим предлагается эвристический алгоритм решения задачи (4.1), (4.3), который будет удобен для компьютерной реализации. Алгоритм основан на использовании утверждений 4.1 – 4.4 и сводится к работе с матрицей свойств.

Предварительный шаг. Создать матрицу свойств размерностью $N \times M$ и заполнить ее нулями и единицами по следующему правилу: если i -е изделие обладает j -м свойством, то $a_{ij} = 1$, если нет – то $a_{ij} = 0$. При этом число строк в данной матрице будет равно числу изделий, а число столбцов – числу свойств, которыми обладают эти изделия, т. е. $N' = N$ и $M' = M$, где N' и M' – вспомогательные переменные

Шаг k. Проверить, имеются ли в матрице свойств еще не вычеркнутые строки.

Если нет, т. е. $N' = 0$, то решение найдено, и процесс вычислений заканчива-

ется.

Если $N' \neq 0$, то проверяется, существует ли $1 \leq i \leq N$ такое, что выполняется соотношение вида

$$\sum_{j=1}^M a_{ij} = 1, \quad i = \overline{1, N}.$$

Такие изделия будут уникальными и подлежат обязательному включению в отбираемое множество.

Вычеркиваем i -ю строку матрицы и принимаем $N' = N' - 1$, а также соответствующие ей столбцы, для которых выполняется соотношение вида $a_{ij} = 1 \quad \forall j = 1, M'$.

В случае, если уникальных изделий нет, исходная матрица остается неизменной. По матрице (или измененной, или исходной) производится вычисление сумм по строкам и столбцам.

Находим строку с наибольшей суммой. Если таких строк несколько, то берем по мере возрастания номера строки. Изделие с этим номером необходимо включить в выборку, а строки и столбцы, с ним связанные, вычеркнуть. Повторяем шаг k .

Таким образом, за конечное число итераций получаем решение поставленной задачи.

Число возможных итераций будет явно меньше числа изделий, т.е. будет выполняться соотношение $k^{\max} < N$. Объясняется этот факт тем, что каждое из изделий обладает несколькими свойствами, и операция вычеркивания столбцов, соответствующих этим свойствам, приводит к неявному уменьшению числа объектов. Связано это с тем, что на следующем шаге некоторое изделие, имеющее некоторое количество свойств, совпадающих со свойствами уже отобранного, не сможет попасть в выборку, так как сумма по строке, соответствующей этому изделию, либо не будет максимальной, либо вообще может быть равной нулю.

Пример 4.1. Рассмотрим применение алгоритма на конкретном примере [93]. Пусть имеется 7 изделий, в совокупности, обладающих 20-ю свойствами,

т. е. $N = 7$, $M = 20$. Матрица свойств приведена в Таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Матрица свойств А после выделения уникального изделия

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Σ
I	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
II	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
III	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
IV	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
V	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	6
VI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	6
VII	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	7
Σ	2	2	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	–

Необходимо отобрать некоторое количество изделий, которое бы обладало всеми 20-ю свойствами.

Вначале продемонстрируем возможности точного алгоритма, основанного на свойствах булевых многочленов [19, 20].

С учетом сокращения размерности задачи целевая функция (4.1) и ее система ограничений (4.3) в развернутом виде могут быть записаны в следующем виде

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 \rightarrow \min,$$

$$x_1 + x_2 \geq 1, x_1 + x_2 \geq 1,$$

$$x_1 + x_2 + x_3 \geq 1, x_1 + x_2 + x_3 \geq 1,$$

$$x_2 + x_3 + x_4 \geq 1, x_2 + x_3 + x_4 \geq 1,$$

$$x_3 + x_4 \geq 1, x_4 + x_5 \geq 1,$$

$$x_4 + x_5 \geq 1, x_4 + x_5 \geq 1,$$

$$x_5 + x_6 \geq 1, x_5 + x_6 \geq 1, x_5 + x_6 \geq 1,$$

$$x_6 + x_7 \geq 1, x_6 + x_7 \geq 1, x_6 + x_7 \geq 1,$$

$$x_7 \geq 1, x_7 \geq 1, x_7 \geq 1, x_7 \geq 1.$$

В этом случае выражение (4.4) может быть записано в виде

$$(x_1 + x_2)^2 \times (x_1 + x_2 + x_3)^2 \times (x_2 + x_3 + x_4)^2 \times \\ \times (x_3 + x_4) \times (x_4 + x_5)^3 \times (x_5 + x_6)^3 \times (x_6 + x_7)^3 \times x_7^4 \geq 1.$$

Степень многочлена равна 20, что совпадает с исходными данными. Для дальнейшего решения выбираем члены булева многочлена в максимально возможной степени. При этом следует учесть, что от каждого сомножителя булева многочлена необходимо взять только один член, который будет в максимальной степени. В данном случае это будут, x_7^7 , x_2^6 , x_5^6 , x_4 ; имеется и другой вариант выбора изделий: x_7^7 , x_2^6 , x_5^6 , x_3 , т.е.:

- первый вариант: необходимо отобрать в качестве прототипов II, III, V и VII изделия;
- второй вариант: в качестве прототипов можно использовать II, IV, V и VII изделия.

Уже из этого примера становятся понятными сложности с получением решения из булевого многочлена, так как процедура выделения членов в максимальной степени будет являться трудноформализованной и достаточно сложной для программирования.

В связи с этим рассмотрим применение эвристического алгоритма, изложенного выше.

Предварительный шаг. Построим матрицу свойств A, приведенную в Таблице 4.1.

Шаг 1. Проверяем, имеются ли не зачёркнутые строки в матрице свойств. Такие строки имеются. Поэтому выделяем уникальные изделия. Это изделие под номером VII, обладающее свойствами 17, 18, 19, 20. Оно также, закрывает и свойства 14, 15, 16. Соответствующие столбцы и строки в Таблице 4.1 были вычеркнуты в целях уменьшения размерности решаемой задачи. Находим суммы по строкам и столбцам. Результаты представлены в Таблице 4.2

Находим строку с наибольшей суммой. В данном случае таких строк несколько: 2, 4, 5 и 6. Выбираем вторую строку и вычеркиваем из матрицы свойств

эту строку и столбцы. Результат представлен в Таблице 4.2.

Шаг 2. Проверяем, имеются ли не зачёркнутые строки в матрице свойств. Такие строки имеются. Поэтому пытаемся выделить уникальные изделия. Таких изделий нет, так как отсутствуют суммы по столбцам, равные 1. Поэтому находим строки с наибольшей суммой. Это строка 5 с суммой, равной 6. Соответствующие столбцы и строки в Таблице 4.3 были вычеркнуты в целях уменьшения размерности решаемой задачи. Находим суммы по строкам и столбцам. Результаты представлены в Таблице 4.3.

Шаг 3. Проверяем, имеются ли не зачёркнутые строки в матрице свойств. Такие строки имеются. Поэтому пытаемся выделить уникальные изделия. Таких изделий нет, так как отсутствуют суммы по столбцам, равные 1. Поэтому находим строки с наибольшей суммой. Таких строк две: третья и четвертая с суммой, равной 1. Включаем в выборку третье изделие. Результаты представлены в Таблице 4.4.

Таблица 4.2 – Матрица свойств А после первого шага

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Σ
I	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
II	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	–
III	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1
IV	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	4
V	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	6
VI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	3
Σ	–	–	–	–	–	–	2	2	2	2	2	2	2	–

Таблица 4.3 – Матрица свойств A после второго шага

	7	8	9	10	11	12	13	Σ
I	0	0	0	0	0	0	0	0
III	1	0	0	0	0	0	0	1
IV	1	1	1	1	0	0	0	1
V	0	1	1	1	1	1	1	0
VI	0	0	0	0	1	1	1	0
Σ	2	–	–	–	–	–	–	–

Шаг 4. Проверяем, имеются ли не зачёркнутые строки в матрице свойств. Таких строк уже нет, т.е. решение получено. В состав представителей нового поколения техники необходимо ввести изделия II, III, V и VII. Но, как следует из предыдущего шага, другим вариантом решения будет включение в набор представителей IV изделия, т.е. еще одно множество изделий должно включать II, IV, V и VII.

Видно, что решения полностью совпали. Оба решения вполне обеспечивают представление в модельном ряде всех 20-ти свойств, которыми обладало исходное множество изделий.

Таблица 4.4 – Матрица свойств A после третьего шага

	7	Σ
I	0	0
III	1	1
IV	1	1
VI	0	0
Σ	2	–

Но это – решение задачи о полном покрытии множества. Решение же задачи о неполном покрытии множества представляет определенные трудности, которые

связаны с тем, что совершенно неясно, какие свойства в итоге будут отобраны, так как в исходной постановке это не указано. То есть отобранные прототипы должны обладать не всей совокупностью свойств, которыми обладает весь ряд изделий, а только частью из них, причем эту часть еще предстоит определить в ходе решения [93, 99].

Это обстоятельство препятствует применению метода последовательного приближения: вначале рассматривается задача полного покрытия множества, затем мощность множества уменьшается на единицу и решается задача о покрытии множества при данной мощности и т.д., пока не будет достигнут требуемый размер покрытия. [99]

В данном случае возникает вопрос о том, какие свойства отбрасывать. Можно, конечно же, ввести предположение о том, что должны быть отброшены свойства, присущие самым ранним образцам изделий, предполагая, что в более современных образцах они в том или ином виде также реализованы или же замещаются новыми, более современными, но со схожими функциями. Но данная проблема упирается в оценку свойств изделия, ранжирования этих свойств по важности.

4.3 Модель задачи выбора базового представителя направления развития

Распространяя понятие пускового комплекса на все многообразие проектов, приходим к понятию базовых представителей направлений развития организационной системы.

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 свойства будут не столько кардинальными, чтобы выделить конкрет-

ное 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 [101]. 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 4.1 – 4.3, выдвигаемые к базовым представителям. Наиболее просто учитываются требования 4.1 и 4.3.

Первое требование предполагает нахождение экстремума функции $F_1(x)$:

$$F_1(x) = \sum_{j=1}^N x_j, \quad (4.6)$$

а третье требование предполагает решение следующей оптимизационной задачи:

$$F_2(x) = \max_{j=1, \dots, N} \{t_j x_j\}, \quad (4.7)$$

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.

То есть получили многокритериальную задачи оптимизации, решение которой сводится к нахождению компромиссного решения для двух задач минимизации (4.4, 4.5). 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 [101].

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 y_i , которая будет равно 1 в том случае, когда требуется чтобы базовый представитель обладал этим свойством и 0 – в противном случае [101].

Это дает возможность дополнить задачу (4.6) – (4.7) ограничениями вида:

$$\sum_{j=1}^N x_j a_{ij} \geq y_i, i = 1 \dots M \quad (4.8)$$

$$\sum_{i=1}^M y_i = m \quad (4.9)$$

Следовательно, поставленная задача сводится к решению двухкритериальной задачи условной оптимизации, целевые функции которой задаются соотношениями (4.6), (4.7), ограничения – выражениями (4.8) и (4.9).

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

Задача 4.1. Минимизировать функцию $F_1(x)$ при ограничениях (4.8) и (4.9).

Задача 4.2. Минимизировать функцию $F_2(x)$ при ограничениях (4.8) и (4.9) и дополнительном ограничении:

$$\sum_{j=1}^N x_j = f(x^0) \quad \sum_{j=1}^n x_j = f(x^0) \quad (4.10)$$

где x^0 - оптимальное решение первой задачи.

4.3.1 Алгоритмизация решения задачи 4.1

Сложность решения сформулированных выше задач заключается в том, что они относятся к классу *NP*-трудной (4.6, 4.7), 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 задачи принять условие $m=M$, то мы переходим к известной задаче задачу о покрытии множества (4.8, 4.9) для которой доказано утверждение о ее *NP*-полноте.

Для решения оптимизационной задачи (4.1), (4.3), (4.4) предлагается два алгоритма: первый алгоритм основан на процедуре прямого перебора, что, как известно, позволяет получить точное решение [101].

Трудоемкость алгоритма, как и всех алгоритмов переборного типа (4.10, 4.11) – степенная.

Второй алгоритм является декомпозиционным, использующим возможности первого алгоритма.

Рассмотрим особенности этих алгоритмов, при этом получаемое в результате применения алгоритма решение задачи обозначим, как выше уже указывалось, 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 .

Результатом работы данной процедуры будет являться подмножества элементы которого расположены по возрастанию и представлены в нормальной форме. Возникает закономерный вопрос о том, как определить, что i -е подмножество мощностью l будет меньше подмножества $(i+1)$. В этом случае используется следующая процедура: два подмножества $i_1^1, i_2^1, \dots, i_l^1, (i_1^1, i_2^1, \dots, i_l^1)$ и $i_1^1, i_2^1, \dots, i_l^1, (i_1^{11}, i_2^{11}, \dots, i_l^{11})$ находятся в отношении $\geq$ в том случае, когда можно найти такое значение q_0 ($0 \leq q_0 \leq l$) для которого будет выполняться соотношение $i_{q_0+1}^1 > i_{q_0+1}^{11}$.

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.

Таким образом, выстраивается следующий алгоритм формирования возможного варианта решения поставленной задачи [101].

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

$$\sum_{i=1}^N a(i, j) \geq 1,$$

если обозначить это число через m' , 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 переменных 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 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)

$$\sum_{i=1}^n a(i_k, j_l) \geq l, n = 1 \dots l \quad (4.11)$$

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.

Трудоёмкость рассматриваемого алгоритма при решении задачи 4.1 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 алгоритм, получивший название декомпозиционного.

4.3.2 Декомпозиционный алгоритм

Основная идея декомпозиционного алгоритма [88, 98, 103, 147] заключается в том, чтобы свести решение исходной задачи большой размерности к решению последовательности задач более малой размерности, позволяющих применить переборный алгоритм [147].

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:

$$\begin{aligned} \sum_{j \in Y'} x_j a_{ij} &\geq y_j \\ \sum_{i \in I'} y_i &= m \\ J' &\in \{J_1, J_2, \dots, J_k\} \end{aligned} \quad (4.12)$$

Данные ограничения используются вместо соотношений (4.8), (4.9) 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

$$0 \leq m_e \leq |I_e|, e = 1 \dots k \quad (4.13)$$

$$\sum_{i=1}^k m_{ie} = m \quad (4.14)$$

Этап 5. Полученное множество задач меньшей размерности $D(I_e, J_e, m_e)$ решается при помощи точного алгоритма [88, 98, 147], 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.

Приведем описание этих этапов.

Этап 1. Сгенерированные задачи меньшей размерности $D(I_k, J_k, m_k)$ для случаев, когда множество I_k не является пустым, решаются на этапе 5 при помощи алгоритма полного перебора. Поэтому будет целесообразно ввести ограничение на мощность множества J_k . Мощность данного множества подбирается исходя из условий решаемой задачи. Обозначив эту величину через n_0 , следует признать, что целесообразной величиной n_0 будет являться величина $n_0 = 20 - 50$. Зная n_0 можно найти и величину k из следующего соотношения:

$$k = [N / n_0] + 1 \quad (4.15)$$

где $[x]$ – целая часть произвольного действительного числа x .

Этап 2. Заключается в формировании массива данных, характеризующих попарно элементы, определяющее, какие показатели должны быть реализованы при совместном производстве двух изделий. Эту величину обозначим через $b_{j_1 j_2}$ и назовем величиной связи каждой пары элементов [147]. Данный критерий будет определяться следующим выражением:

$$b_{j_1 j_2} = \sum_{i=1}^M a_{ij_1} \times a_{ij_2} \quad (4.16)$$

Критерий $b_{j_1 j_2}$ в (4.16) будет равен числу показателей, которые должны

быть обеспечены в ходе организации совместного производства при выпуске изделий j_1, j_2 .

Понятно, что в целях обеспечения минимума целевой функции при решении задачи вида $D(I_k, J_k, m_k)$, целесообразно включать в решение элементы с наибольшими значениями попарных связей $b_{j_1 j_2}$. Это уточняющее положение было реализовано в следующем блоке.

Приведем описание начального и общего шага в этом случае.

Шаг 0. Во множестве изделий J_N , подлежащих отбору в качестве базовых представителей, выбирается k элементов с максимальной величиной попарных связей, и образуют k подмножеств, мощность которых будет равна единице.

Общий шаг. Изучается возможность включения элементов, сформированных на нулевом шаге подмножеств в формируемое решение. При этом включаются в решение только в том случае, если будет удовлетворяться условие $|J_l| \neq n_0$, то есть мощность подмножества будет не равна n_0 . Для каждого варианта вычисляется оценка по следующему соотношению

$$c_1(j, J_1) = \min[b_{jj_1}], j_1 \in J_1 \quad (4.17)$$

На данном шаге осуществляется выбор таких элементов, для которых параметр (4.13) будет максимален из всех сравниваемых на данном шаге величин. Выбранный элемент включается в анализируемое подмножество [101, 103].

Это является завершающей операцией данного шага. Этап завершается тогда, когда все элементы, выделенные для распределения, уже распределены.

Этап 3. В качестве входных данных для этого этапа используются величины $c_2(i, k_1)$, которые определяются из выражения:

$$c_2(i, k_1) = \sum_{j \in J_k} a_{ij}, i = 1 \dots M \quad (4.18)$$

После этого осуществляются операции, состоящие в следующей последовательности действий:

Шаг 0. Все подмножества I_l ($l=1, k$) будем предполагать пустыми, то есть выполняется соотношение вида $|I_l| = \emptyset$.

Шаг 1. Рассматриваемый элемент включается в подмножество I_l только в том случае, когда величина $c_2(i, l_1)$ принимает максимальное значение. Это выполняется для всех $i=1,2,\dots,M$.

В итоге выполнения этого шага получаем подмножество I_l , которое будет удовлетворять следующим условиям

$$\begin{aligned} I_{l_1} \cap I_{l_2} &= \emptyset, \quad l_1, l_2=1, M \\ 0 \leq |J_l| &\leq M, l=1 \dots M \\ \sum_{l=1}^M |I_l| &= M \end{aligned} \quad (4.19)$$

Корректность соотношений (4.19) может быть проверена непосредственно.

Этап 4. В том случае, когда величины m'_e, m'_e будут удовлетворять условиям (4.14), (4.15), но не будут являться целыми числами, находятся из следующего выражения:

$$m'_e = |I_e| \frac{m}{\sum_{l=1}^M |I_e|} \quad (4.20)$$

В целях устранения этого недостатка можно воспользоваться процедурой округления.

Этап 4. Выполняется алгоритм полного перебора, описанный выше.

Как правило, выполнение этапа 6 затруднений не встречает, а потому и не рассматривается.

Таким образом, было дано описание двух алгоритмов решения задачи 4.1: точного и приближенного.

Следует отметить, что на этапе подготовки к решению поставленной задачи ее размерность, возможно, понизить за счет учета некоторых условий.

4.3.3 Алгоритмизация решения задачи 4.2

Решение задач второго типа предполагает использование алгоритмов, построенных на основе пороговой схемы [129, 147].

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:

$$J(t_0) = \{j | t_j < t_0\} \quad (4.21)$$

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 $t_0=t_{jk}$ возможны два случая: если $f_1(x^0) > f_1[x(t_0)]$ устанавливаем значение $t_0=t_{jk-l}$; если $f_1(x^0) \leq f_1[x(t_0)]$ или решаемая задача $D(t_0)$ является недопустимой, считаем $t_0=t_{jk+l}$.

Осуществив корректировку значения t_0 , приступаем к решению задачи $D(t_0)$. Процесс осуществления вычислений может быть завершён при помощи двух правил [129].

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, 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 подготовки новых видов представителей и минимизацию времени реализации базовых представителей.

4.4 Модель классификации и планирования уникальных изделий, подлежащих обязательному включению в набор отбираемых технологий

Анализ различных подходов к обработке информации с неравномерной структурой демонстрирует, что для достижения наилучших результатов оптимальным выбором являются корреляционно-экстремальные методы, благодаря своей легкости в реализации. Этот метод заключается в сравнении измеренных данных с обширной базой эталонных данных для поиска наиболее подходящего представителя из этой базы, который максимально близок к анализируемым данным [87]. Важность каждого признака и применение многомерных представлений для создания пространств с разной смысловой нагрузкой позволяют добиться двух важных результатов: с одной стороны, модели становятся устойчивыми к изменениям в данных, вызванным различными условиями регистрации, а с другой — модель может быть точно настроена для конкретной интерпретации данных в рамках конкретной задачи. Процедуры классификации уникальных изделий, подлежащих обязательному включению в набор отбираемых технологий, безусловно, характеризуются сложностью и неоднозначностью [89]. Отнесение таких заказов к определенным классам, основанное на типах технологий и компетенций, представляет собой непростую задачу, поскольку при поступлении новых заказов найти точные аналоги для сравнения крайне затруднительно [89].

Классификационные процедуры, основанные на сравнении с эталонными образцами, сталкиваются с рядом ограничений. Одна из главных проблем - их высокая комбинаторная сложность, которая приводит к огромному числу возможных сценариев. В ситуациях, где быстрота принятия решений является ключевым фактором, например, в системах реального времени, необходимо снизить вычислительную нагрузку [89]. Использование большего числа эталонов для проверки точности классификации, безусловно, повышает её достоверность, но одновременно увеличивает время, необходимое на их обработку [33, 37, 89].

Предлагается подход, оптимизирующий классификацию за счет предварительной группировки эталонов [89]. В его основе лежит объединение эталонов, демонстрирующих сходство с заданной степенью близости, в группы. Классификация выполняется с использованием ближайшей к объекту группы, что сводит к минимуму количество сравнений с эталонами. Для дальнейшей оптимизации процесса сравнения применяются иерархические методы разделения набора эталонов. В рамках каждой ступени иерархии формируются группы подмножеств, объединяющие элементы, сходные по определённому количеству признаков [87, 89].

Важно отметить, что эталонная информация подвергается обработке до этапа классификации и не ограничена временными рамками. Следовательно, можно утверждать, что при разделении большого набора эталонов разумный подход подразумевает подбор оптимального типа и масштаба меры близости [112].

Зададим:

$$P = \{p_i\}_{i=1}^m,$$

где $p_i \in R^n$ — набор ключевых характеристик, определяющих предикторы уникальных изделий.

Классификация по корреляции может быть применена как непосредственно к исходным сигналам, так и к заранее определенной наборе признаков [112].

Поскольку $q_i \in R^n$ описывает наблюдаемые характеристики, то требуется минимизировать:

$$\rho(p, q) \rightarrow \min_i$$

где: ρ — характеристика схожести объектов.

Рассмотрим множество $\Pi(P)$, которое состоит из всех возможных непустых подмножеств. P .

В рамках множественных отображений, выделяющихся своей точечной структурой:

$$F: P \rightarrow \Pi(P)$$

зададим метрику $\{F_a\}_{a \in N}$ осуществляющую сегментацию множества P по классам $\{F_a(p)\}_{a \in N}$:

$$\forall p_1, p_2 \in P : p_1 \neq p_2 \Rightarrow (F_a(p_1) = F_a(p_2)) \vee (F_a(p_1) \cap F_a(p_2) \neq 0) \quad (4.22)$$

$$\bigcup_{p \in P} F_a(p) = P \quad (4.23)$$

В рамках набора отображений, соответствующих уравнениям (4.22) и (4.23), акцентируем внимание на тех, которые [112]:

$$\forall p_1, p_2 \in P : \rho(p_1, p_2) \leq \varepsilon = F_a(p_2) \quad (4.24)$$

и определим их как $\{F_1^\varepsilon, F_2^\varepsilon, \dots\}$.

Обратим внимание, что применение отображения $\{F_a^\varepsilon\}_{a \in N}$ приводит к созданию классов $\{F_a^\varepsilon(p)\}$, где каждый класс содержит признаки, входящие в определенную окрестность [115] радиуса ε .

Допустим, нам нужна точность классификации, обозначим ее как ε' . Если этот показатель (ε') превосходит ε , то для корреляционной классификации нам нужно провести сравнение вводимого вектора [115] лишь с определенным количеством эталонных векторов, а именно N , где:

$$N = \min(F_a^\varepsilon) = \min_{F_a^\varepsilon} \text{card}\{F_a^\varepsilon(p)\}_{p \in P} \quad (4.25)$$

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 достаточ-

но малой близости друг от друга. Далее будет доказано, что подмножества $\{F_a^\varepsilon(p)\}$, отвечающие условию (4.25), 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 [33, 115]]:

$$N = \min_{F_a^\varepsilon} N(F_a^\varepsilon) \min_{p \in P} \text{card} \{F_a^\varepsilon(p)\} + \max_{p \in P} \text{card} F_a^\varepsilon(p) \quad (4.26)$$

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

$$N = \min_{F_a^\varepsilon} N(F_a^\varepsilon) = \min_{F_a^\varepsilon} \left(\sum_{i=1}^{m-1} \max_{p \in \tilde{F}^{i-1}(p)} \text{card} \{ \tilde{F}^i(p) \} \right) + \max_{p \in P} \text{card} \tilde{F}^b(p) \quad (4.27)$$

где: $F_a^\varepsilon = \tilde{F}^m(\tilde{F}^{m-1}(p)) = \tilde{F}^{m-1} \otimes \tilde{F}^{m-2}(\tilde{F}^{m-3}(p)) = \tilde{F}^m \tilde{F}^{m-1}[_K[\tilde{F}^1(\tilde{F}^0(p)) = \prod_{i=1}^m \tilde{F}^i(\tilde{F}^{i-1}(p))$ — сис-

тема, состоящая из множества точечно-множественных отображений, подчиняющихся ограничениям (4.25)-(4.27), позволяет с помощью разумного подбора параметров, таких как количество "t" и уровней иерархии, найти оптимальный эталон для корреляционной классификации с минимальными вычислительными затратами [127]. Установлено, что подмножество $\{F_a^\varepsilon(p)\}$ удовлетворяет условию (4.27), а задача (4.25) является частным случаем более общей задачи (4.27). В этом контексте, предложенная обработка множества опорных признаков ориентирована на выявление точечно-множественных соответствий [127,146].

$$F_a^\varepsilon = \arg \min N(F_a^\varepsilon)$$

Оптимизация по количеству классов. Рассмотрим отношение частичного порядка на множестве $\{F_a^\varepsilon\}_{a \in N} : F_{a_1} \pi F_{a_2}$, если и только если $F_{a_1}(p) \subset F_{a_2}(p)$. С помощью этого отношения можно определить множество максимальных по содержанию отображений, которое будем обозначать как $\text{Max}(\{F_a^\varepsilon\}, \pi)$.

Изучение эвристического алгоритма разбиений позволяет нам утверждать [146], что он служит ключевым инструментом для решения нашей задачи.

При описании алгоритма с помощью многоточечных и точечных отображений, задача сводится к созданию последовательности сужающихся отображений, что было продемонстрировано в [37, 127, 146].

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

Алгоритм точно-множественных отображений

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

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

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

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

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

Алгоритм выдает результат в виде множественных точечных отображений:

$$F_a^\varepsilon = \bigcup \Phi_\kappa$$

Рассмотрим алгоритм создания максимальных по количеству включенных точек множественных отображений.

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 [37, 146]:

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

Для определения наилучшего способа отображения данных требуется внедрить логику разветвления, описанную в процедурах 4.22 и 4.23 [26, 27, 146].

В другом ракурсе, обратим внимание на некоторые подмножества, которые:

$$F_a^\varepsilon \in \text{Max}(\{F_a^\varepsilon\}, \pi), F_a^\varepsilon(p_1) \cap F_a^\varepsilon(p_2) \neq \emptyset$$

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

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

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

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

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

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

Можно назвать операцию $F_{a'}^\varepsilon$ перехода ε -включением. Такое обозначение приводит к выводу о существовании двух типов отображений: множественных и точно-множественных [146].

$$F_{a1}^\varepsilon, F_{a2}^\varepsilon \in \text{Max}(\{F_a^\varepsilon\}, <)$$

Наличие достаточного числа ε -включений, способных переводить и в , свидетельствует о их ε -эквивалентности. При этом механизм работы ε -включений схож с описанным ранее ветвлением. Вместе с тем, из максимального класса $\text{Max}(\{F_a^\varepsilon\}, <)$ исключить точно-множественные отображения невозможно, так как они не оказывают влияния на количество классов признаков $\text{card}\{F_a^\varepsilon(p)\}_{p \in P}$.

Рассмотрим любой элемент $F_a^\varepsilon \in \text{Max}(\{F_a^\varepsilon\}, <)$. Мы исследуем все возможные варианты включения элементов в классы признаков с учетом ε -взаимозаменяемости. Обратим внимание на классы, образуемые в результате этих включений. Среди них выберем класс с наибольшей мощностью. В завершении, проанализируем, как происходит сокращение отображения на множестве $P \setminus \{p\}$. Дальнейшее развитие этого подхода позволит получить все возможные классы, эквивалентные друг другу с точки зрения ε -взаимозаменяемости, которые можно получить при данном подходе. Следовательно, мы можем утверждать, что следующее положение было подтверждено.

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, как определено в [37, 146].

Этот результат позволяет минимизировать (4.27) или в более общем случае (4.26) разбиением $F_a^\varepsilon \in \text{Max}(\{F_a^\varepsilon\}, \pi)$.

Рассмотрим множество $\{F_\beta^\varepsilon\}_{\beta \in N}$. — совокупность всех максимальных точечно-множественных отображений. Очевидно, что задачи (4.23) и (4.24) можно свести к решению конечного набора задач, определяемых параметрами $\{\beta\}$.

$$\begin{cases} N(F_{\alpha(\beta)}^\varepsilon) \rightarrow \min_{\alpha(\beta) \in \Omega}; \\ \Omega = \{\alpha(\beta) : F_{\alpha(\beta)}^\varepsilon \pi F_\beta^\varepsilon\} \end{cases} \quad (4.28)$$

Следовательно, поиск необходимого точечно-множественного отображения F^ε сводится к рассмотрению лишь части из всех возможных отображений, а именно максимальных по включению.

$$\{F_\lambda^\varepsilon\}_{\lambda \in N} \subset \{F_\beta^\varepsilon\}_{\beta \in N} \subset \text{Max}(\{F_a^\varepsilon\}, \pi).$$

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.*

4.5 Модель учета важности отбираемых технологий и учета интегрального эффекта от внедрения данной инновации

Далее, рассмотрим степень влияния важности отбираемых технологий, а также их эффект на внедрение инновации, что максимизировать получаемый доход от внедрения новшества [100, 111, 116, 122, 124, 130, 141, 145, 153].

Как известно, игра Γ_o в нормальной форме описывается, во-первых, совокупностью $\Gamma_o = (N, \{X_i\}_{i \in N}, \{f_i(\cdot)\}_{i \in N})$ множества игроков (агентов) $N = \{1, 2, \dots, n\}$, множеств их допустимых действий $\{X_i\}_{i \in N}$ и набором их целевых функций и информированностью агентов (то есть той информацией, которой они обладают на мо-

мент выбора своих действий).

Рассмотрим модель формирования заказа с использованием уникальных технологий двумя агентами с неполной информированностью [111]. 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 исполнителя на выполнение объемах выражаются формулой:

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

В роли центра выступает руководство фирмы, доход которого зависит от объема произведенных работ следующим образом:

$$P = \sqrt{2\theta \cdot x} \quad (4.29)$$

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

Для упрощения дальнейших математических вычислений далее будет использоваться следующая запись дохода центра [111, 116]:

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

которая может быть получена из первоначальной математической заменой $\theta = 2\theta_0^3$.

Доход центра зависит от объема произведенных работ и степени важности инноваций следующим образом [116].

$$F = P - \sigma = 2\theta_0 \sqrt{2\theta_0 x} - \sigma. \quad (4.30)$$

Центр делегирует определение объема работ x и размера вознаграждения σ двум агентам, техническому специалисту и финансисту соответственно. Интересы агентов совпадают с интересами центра [3].

Однако представления агентов о типе центра θ_0 могут отличаться от реального значения [116, 122]. Обозначим представление первого агента (технического специалиста) о типе центра θ_1 , а второго агента (финансиста) – θ_2 , $\theta_i \in [0; \infty)$, $i=1,2$.

Если агенты не получают дополнительной информации, то они действуют, пользуясь только своими представлениями [122, 124].

Первый агент выбирает оптимальный с его точки зрения объем работ, считая, что вознаграждение компенсирует затраты на выполнение работ [111, 124].

Второй агент в рамках своих представлений считает, что заказан объем:

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

предлагает вознаграждение исполнителю, компенсирующее затраты на выполнение объема x^{**} .

Кроме того, каждый из агентов имеет некоторые представления о том, что думает его коллега о типе центра [4, 122].

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 4.1.

Таким образом, реальный тип θ_0 изначально знает только центр [122]. Задача центра – максимизировать свою целевую функцию. Для этого он может сообщить одному или обоим агентам информацию о реальном значении своего типа θ_0 ; при этом агент, получивший информацию от центра, не знает, обладает ли ей второй агент.

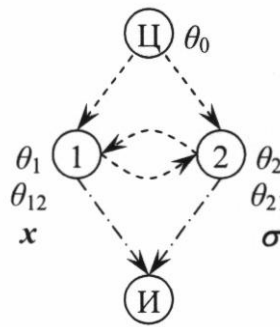


Рисунок 4.1 – Возможные направления передачи информации

Но когда агент получает информацию о типе центра, с вероятностью p может произойти утечка этой информации; в этом случае исполнитель узнает реальный тип центра, и будет настаивать на максимально возможном вознаграждении, сводящем целевую функцию центра к нулю [122].

То есть, если реальный тип центра будет известен одному из агентов, центр получит выигрыш F^* с вероятностью $(1 - p)$ и нулевой выигрыш с вероятностью p . Аналогично, если информацией о типе центра будут обладать оба агента, то центр с вероятностью $(1 - p)^2$ получит ненулевой выигрыш [124]. Если же центр не будет делиться информацией с агентами, то он со стопроцентной вероятностью получит выигрыш F^* , который, однако, может оказаться меньше, так как определяется в условиях неадекватной информированности агентов.

При получении информации от центра агент, в свою очередь, может передать ее другому агенту, если посчитает, что это приведет к увеличению ожидаемой прибыли. При этом агенты рассчитывают ожидаемые прибыли исходя из своих представлений. Например, если первый агент узнал от центра его реальный тип θ_0 , то он не знает, сообщил ли центр эту информацию второму агенту. Первый агент считает, что если второй агент не обладает информацией, то он будет пользоваться значением θ_{12} (представление первого агента о представлениях второго). Сравнивая ожидаемый выигрыш в этом случае с выигрышем в случае, когда второй агент адекватно информирован, первый агент может решить передать информацию коллеге [122, 124]. После передачи информации образуется некоторый граф информированности, вершинами которого являются игроки, а дуга ij содержится в графе тогда и только тогда, когда игрок i сообщает информацию игроку j .

Таким образом, агент обладает информацией о типе центра, если в полученном графе существует цепочка ребер от центра до выбранного агента. Обозначим количество агентов, получивших информацию (непосредственно от центра или опосредованно) через s , $s = \{0, 1, 2\}$.

Тогда целевую функцию центра [130] с учетом неопределенности можно записать следующим образом:

$$F = (1 - p)^s F^* = (1 - p)^s (2\theta_0 \sqrt{\theta_0 x} - \sigma). \quad (4.31)$$

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

$$f_i = \beta_i(1-p)^s(2\theta_i'\sqrt{\theta_i'x} - \sigma), i = \{1,2\} \quad (4.32)$$

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.

Стоит отметить, что модель напоминает модели, исследуемые в теории команд [9, 130, 141]. Под командой подразумевается группа агентов, действующих в общих интересах, при этом информированность игроков различна. Однако теория команд рассматривает в основном вопросы оптимальности информационных структур, как правило, не рассматривая вопросы, как эти структуры реализуются. В то время как центральным моментом рассматриваемой модели является возможность совершения агентами активных действий, направленных на создание структуры информированности [141].

Таким образом, центр может выбрать одно из следующих действий: не сообщать ни одному из агентов информацию, сообщить одному из агентов, сообщить информацию сразу обоим агентам.

Центр сообщает информацию обоим агентам

Результатирующая сеть, соответствующая рассматриваемой ситуации, представлена на Рисунке 4.2.

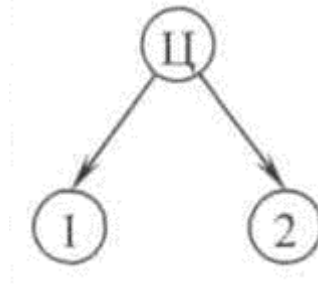


Рисунок 4.2 – Граф информированности для ситуации II

Вероятность утечки информации от одного агента равна p . Так как оба агента получили информацию, то вероятность утечки будет равна $(1 - (1 - p)^2)$.

Первый агент, получив информацию, не знает, обладает ли ей второй

агент, поэтому он для себя решает, передавать ли ему информацию. Аналогично поступает второй агент. Но в данной ситуации неважно, какое решение они примут, так как это не повлияет на информированность [141].

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

$$x^* = \arg \max_{x \in X} (2\theta_0 \sqrt{\theta_0 x} - \frac{x^2}{2}) = \theta_0. \quad (4.33)$$

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 [141]. Однако исполнитель согласится на предложенный контракт, только если не произошло утечки; в противном случае выигрыш центра будет нулевым. Подставляя x^* и σ^* в выражение (4.33), получаем ожидаемый выигрыш центра:

$$F = (1-p)^2 \cdot \frac{2}{3} \theta_0^2 \quad (4.34)$$

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 4.3.

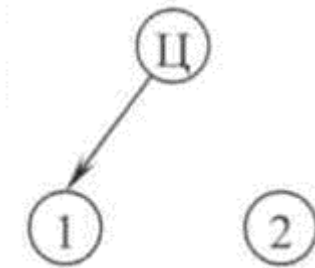


Рисунок 4.3 – Граф информированности для ситуации а

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 ра-

бот, определенный первым агентом, будет равен:

$$x^* = \arg \max_{x \in X} (2\theta_0 \sqrt{\theta_0 x} - \frac{x^2}{2}) = \theta_0. \quad (4.35)$$

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 (4.35), составит:

$$F = (1-p) \left(2\theta_0^2 - \frac{\theta_0^2}{2} \right) \quad (4.36)$$

При этом затраты исполнителя на выполнение заказанного объема определяются формулой (4.30) и равны:

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

что может оказаться больше σ^* . В этом случае работы произведены не будут [122, 145]. Чтобы этого не произошло, должно выполняться условие $\theta_0 < \theta_2$

в. Первый агент сообщает информацию второму

Сеть, соответствующая данной ситуации информированности, представлена на Рисунке 4.4.

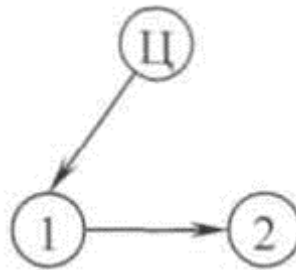


Рисунок 4.4 – Граф информированности для ситуации IIb

Этот случай полностью аналогичен варианту, когда центр сообщает информацию сразу обоим агентам [145]. Оба агента адекватно осведомлены о типе центра и вероятность утечки максимальна. Ожидаемый выигрыш центра определяет-

ся выражением (4.36).

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 (4.34) 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:

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

С точки зрения первого агента именно такой выигрыш получит центр, если информация не попадет второму агенту [145]. В случае же передачи информации имеет место случай полной информированности, и ожидаемый выигрыш определяется выражением (4.36).

Итак, сравнивая описанные варианты, делаем вывод [153], 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 (4.36) первый агент передаст информацию второму, то есть реализуется ситуация IIIb, иначе будет реализована ситуация IIIa.

Таким образом, *построена модель учета важности отбираемых технологий и учета интегрального эффекта от внедрения данной инновации, по-*

звolyющая максимизировать доход за счет формирования области компромисса по целевым функциям центра и агентов.

4.6 Выводы

Проведен анализ и разработана процедура выбора базовых изделий нового поколения техники, позволяющая в зависимости от условий, устанавливаемых лицом, принимающим решение, определить базовое изделие направления техники, наиболее полно соответствующее функциональным, конструктивным и технологическим признакам поколения техники.

Дана формальная постановка задачи выбора базового представителя направления техники.

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 подготовки новых видов представителей и минимизацию времени реализации базовых представителей.

Представлен 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.

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 планиро-

вания.

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.

5. УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Важнейшим этапом жизненного цикла организационной системы, несомненно, является этап его реализации. И важной составляющей этапа управления организационной системой является учет всевозможных рисков и учета влияния негативных воздействий на процесс управления, которые обязательно возникнут на стадии реализации проектов организационной системы. Этим вопросам посвящена данная глава.

5.1 Общая схема применения автоматной модели в инновационных организационных системах

Разнообразие организационных систем, подлежащих изучению, поражает своей широтой: от структуры и сложности до конкретных задач, которые они решают. Но если мы абстрагируемся от специфики производственных процессов, протекающих в этих системах, то обнаружим, что логические и вычислительные механизмы работы их элементов обладают удивительной схожестью. Несмотря на кажущуюся разницу в смысловом содержании, многие элементы, по сути, подчиняются единым и тем же принципам функционирования. Это открывает возможность для создания автоматических моделей сложных систем, где ключевую роль играют стандартизированные автоматы (вероятностные и детерминированные), количество которых сравнительно невелико. Благодаря такому подходу, моделирование широкого спектра систем становится возможным с использованием ограниченного набора этих автоматов. Проанализируем подходы к автоматической интерпретации моделей, применяемых к узлам инновационных систем [95, 102, 114, 125, 134, 135, 137]. Некоторые узлы будут моделироваться как автономные автоматы, другие — с использованием компактных вероятностных автоматных систем. Понимание особенностей типовых узлов инновационных систем позволит впоследствии перейти к созданию моделей более сложных систем. Инновацион-

ные системы отличает прием разнообразных транзакций, каждая из которых может нести специфический смысл.

Рассмотрим две ключевые характеристики системы: ее способность блокировать доступ к обслуживающему механизму и прием транзакций. Представим ситуацию, когда поступающие транзакции, обнаружив обслуживающий механизм занятым, не покидают систему, а образуют очередь, ожидая своей очереди. Предположим, что интервалы между поступлением последовательных транзакций подчиняются закону независимых и одинаково распределенных случайных величин, которые можно интерпретировать как реализации одной общей случайной величины [95]. Аналогичное предположение справедливо и для времени обслуживания транзакций, которое также рассматривается как реализации некоторой случайной величины. Модель предполагает неограниченную длину очереди. Полное описание состояния системы в любой момент времени, возможно лишь при указании трех ключевых временных параметров [95].

Например, можно осуществить их отбор по следующим критериям:

- 1) Длительность периода между поступлением текущего и последующего запроса;
- 2) Это временной отрезок, охватывающий период от начала до завершения обслуживания текущего транзакции.
- 3) Число транзакций, находящихся в состоянии ожидания в определенный момент.

Эти ключевые признаки образуют ядро Марковского вектора системы [102], что открывает путь к созданию ее автоматизированной модели с помощью трех независимых автоматов A_1 , A_2 и A_3 . Соответствие состояний этих автоматов каждому из трех временных показателей обеспечивает точную интерпретацию системы. При этом, активация выходного сигнала $x_1(t)$ автомата A_1 , равного 1, сигнализирует о предстоящем поступлении нового транзакта в следующем временном отрезке (в момент $t + 1$).

Только при условии $x_2(t) = 1$, что обслуживающий механизм в указанный

момент времени будет свободен или станет свободным к этому моменту $t + 1$.

Сигнал $x_3(t)$ срабатывает и принимает значение 1, когда в очереди на обработку присутствуют незавершенные транзакции [114].

В результате принятия определённого набора состояний автоматов и значений выходных параметров, структуру системы функций выходов можно описать следующим образом (Таблица 5.1):

Таблица 5.1 – 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 5.1.

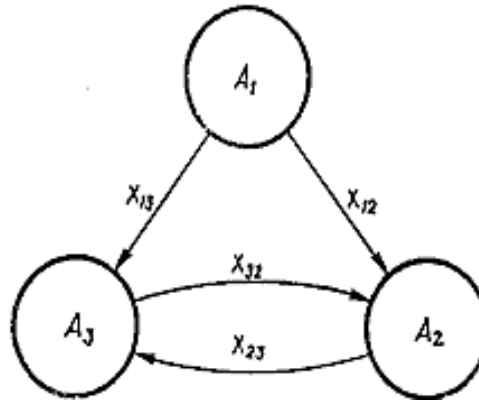


Рисунок 5.1 – Структурный граф модели

Матрица алфавитов [125] имеет вид (Таблица 5.2).

Таблица 5.3, отображающая связь между высказываниями и функционалами, будем называть таблицей условных функциональных переходов (ТУФП) [125] и ее можно оформить следующим образом:

Таблица 5.2 – Матрица алфавитов

Р	Д	Д
Θ	Н	Д
Θ	Д	Н

Таблица 5.3 – 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	$u_1(t) + x(t)$		

Система может временно приостановить прием новых транзакций с вероятностью p ($0 < p < 1$), в каждый конкретный момент времени. Длительность этой временной блокировки случайна и определяется распределением γ , а вероятность ее отсутствия равна τ . После завершения блокировки система вновь принимает новые транзакции от клиентов, и ее работа продолжается без сбоев [134].

Неисправность обслуживающего устройства. Остановка работы устройства случается после обработки определенного, случайного числа β рабочих единиц времени. Время простоя не учитывается в этом процессе. Восстановление (ремонт) неисправного устройства происходит случайным образом, после чего обслуживание прерванных транзакций возобновляется. Модель основана на шести автоматах, обозначенных как $A_1, A_2, \dots, A_6$. Для обозначения трех автоматов индикатора мы будем использовать буквы с индексами U . В соответствии с традицией, процесс создания модели начнем с четкого понимания значения состояний каждого из этих автоматов [134].

Пусть:

$a_1(t)$ – это временной отрезок, который проходит с момента последнего события до появления следующей транзакции.

$a_2(t)$ – время, которое проходит с момента начала обслуживания текущего транзакции до его завершения, при условии, что в данный момент обслуживается какой-либо транзакция, независимо от работоспособности обслуживающего устройства. В противном случае, значение равно нулю.

$a_3(t)$ – число операций, требующих обработки в данный момент;

$a_4(t)$ – продолжительность действия блокировки входящего потока, считая от момента ее начала до момента ее отмены, если блокировка в этот момент активна; в ином случае, продолжительность равна нулю.

$a_5(t)$ – это величина, характеризующая эффективность блокировки обслуживающего механизма в определенный момент, при условии, что блокировка активна в данный момент, в ином случае она равна нулю.

$a_6(t)$ – время, в течение которого действует количественная составляющая блокировки обслуживающего механизма, то есть период от начала действия блокировки до перехода в новое качественное состояние.

$u_1(t)$ – общая продолжительность, в течение которой обслуживающий механизм работал исправно с момента запуска модели до текущего момента.

$u_2(t)$ – общая продолжительность всех периодов, когда обслуживающий механизм был неактивен, за тот же отрезок времени;

$u_3(t)$ – приблизительная оценка математического ожидания времени простоя обслуживающего устройства при его исправной работе, рассчитанная на основе среднего значения по заданному интервалу времени.

Создадим схему функционирования выходов для сигналов, представленных в двоичном формате (Таблица 5.4).

Функции выходов автоматов индикатора были предварительно установлены, исходя из предположения о совпадении их состояний [135] с состояниями соответствующих базовых автоматов.

Таблица 5.4 – Система функции выходов для двоичных сигналов

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

Чтобы упростить запись формулы ТУФП, мы обозначим некоторые величины вспомогательными переменными [135]:

$y_1(t)$ — значение, равное единице, если запланированная транзакция должна быть исполнена вследствие снятия блокировки, и нулю в ином случае;

$y_2(t)$ — значение, равное единице, если обслуживающий модуль в данный момент готов принять транзакцию, даже если на нем действует блокировка, и нулю в любых других ситуациях;

$z(t)$ — общее число транзакций, ожидающих своей очереди в системе в данный момент, либо поступающих в систему в соответствии с обычным режимом входящего потока, либо освобождающихся из блокировки.

Чтобы определить значения промежуточных параметров, применяются следующие математические выражения:

$$\begin{aligned}
 y_1(t) &= \begin{cases} 1 & \text{при } x_4(t) = 1, \\ 0 & \text{при } x_4(t) \neq 1; \end{cases} \\
 y_2(t) &= \begin{cases} 1 & \text{при } x_2(t) = 0 \text{ или } x_2(t) = 1 \text{ и } x_5(t) = 0, \\ 0 & \text{при } x_2(t) = 2 \text{ или } x_2(t) = 1 \text{ и } x_5(t) = 1. \end{cases} \quad (5.1)
 \end{aligned}$$

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

$$y_2(t) = \begin{cases} 1 & \text{при } x_2(t) + x_5(t) \leq 1, \\ 0 & \text{при } x_2(t) + x_5(t) \geq 2, \end{cases} \quad (5.2)$$

или

$$y_2(t) = 1 - \max\{0, \min\{1, x_2(t) + x_5(t) - 1\}\}. \quad (5.3)$$

Рассмотрим полученный вариант подробнее [137].

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.:

$$a_1(t + 1) = a_1(t) - 1 \text{ при } x_4(t) = 0 \text{ и } a_1(t) > 1. \quad (5.4)$$

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.:

$$a_2(t + 1) = a_2(t) - (1 - x_5(t)) = a_2(t) + x_5(t) - 1 \quad (5.5)$$

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:

$$a_3(t + 1) = \max\{0, a_3(t) + x_1(t) + y_1(t) - y_2(t)\}, \quad (5.6)$$

когда такое убывание 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.

Если в момент t блокировка механизма имеет место и ее остаточная длительность равна единице, то в следующий момент времени $t + 1$ наступает безблокировочный период, и его остаточная длительность совпадает с одной из реализаций случайной величины α . При отсутствии блокировки ($x_5(t) = 0$), занятости механизма ($x_2(t) > 0$) и остаточном безблокировочном времени, равном единице, в момент $t + 1$ начинается блокировка, и ее остаточное время совпадает с реализацией случайной величины α . Начальное состояние автоматов индикатора — нулевое. Для остальных автоматов можно выбрать произвольные начальные состояния, соответствующие реально возможной ситуации [137].

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.*

5.2 Модели анализа критических угроз и пути их ликвидации

Ранее, было рассмотрено влияние некритических угроз на реализацию проектов [96, 104, 105, 109, 113, 118, 119, 131, 138, 139, 144]. Такие угрозы могут нанести вред и принести ущерб проекту и их, несомненно, необходимо учитывать. Но намного больший вред наносят критические угрозы, реализация каждой из которых приводит к срыву управления организационной системой. В данном разделе рассмотрим модели учета критических угроз, каждая из которых обладает научной новизной и позволит в той или иной степени прогнозировать их наступление и быть готовым к их ликвидации [96].

Критические угрозы можно разделить на две категории:

- явные критические угрозы, наступление любой из которых приводит к срыву управления организационной системой;
- скрытые критические угрозы, которые состоят из множества некритичных угроз, но они наступают постоянно в случайные моменты времени, что приводит к ситуации, когда накапливается достаточно большое число некритичных рисков и в результате происходит срыв управления организационной системой.

Ввиду разной природы критических угроз, рассмотрим обе ситуации отдельно и опишем две совершенно разные модели их учета.

В данном разделе рассмотрим математическую модель [96], позволяющую оценивать вероятность рисков, которые могут привести к срыву управления развивающимися организационными системами. Риски связаны с негативным влиянием внешних факторов, которые могут возникать в случайные моменты времени и быть разными по мере воздействия на каждом этапе управления. Модель основана на теории марковских случайных процессов. Приведена методика осуществления вычислений по модели на примере, проведен анализ полученных решений [104].

Рассмотрим влияние критических рисков на процесс управления развивающимися организационными системами. Критические риски отличаются от допус-

тимых или некритических тем, что они могут привести к непоправимым воздействиям на процесс и в большинстве случаев приводят к невозможности его реализации в рамках утвержденного проекта, в то время, как допустимые риски приносят лишь некоторый ущерб и могут быть ликвидированы без изменения плана управления организационной системой. Критические риски требуют намного большего контроля над предпосылками их возникновения и срочного реагирования управляющей проектом стороны на возможности их реализации [104].

Целью является разработка математической модели, основанной на вероятностных методах, а именно, на теории марковских случайных процессов, которая позволит в динамике определить вероятность успешного управления организационной системой на ее различных стадиях функционирования в зависимости от воздействия на процесс негативных факторов различной природы и интенсивности, которые могут привести к срыву управления организационной системы [104].

Опишем математическую постановку задачи и предложим решение, ее реализующее.

Рассмотрим некоторый проект, находящейся в стадии реализации, на который в некоторые случайные моменты времени оказывают воздействие некоторые негативные воздействия или факторы, каждый из которых может привести с некоторой вероятностью к срыву управления организационной системой [105].

Будем считать, что потоки событий наступления негативных факторов независимы и являются потоками Пуассона, что обусловлено тем, что негативное воздействие связано с влиянием большого числа неучтенных воздействий и согласно предельной теореме потоков событий, их можно считать потоками Пуассона [105].

Определимся с параметрами модели, будем считать, что количество негативных воздействий или факторов равно N .

Для применения теории марковских случайных процессов, необходимо определить некоторые состояния системы, которыми будут являться:

S_0 – состояние с момента начала управления организационной системой до момента времени начала первого воздействия;

S_i , где $i = 1, 2, \dots, N$ – состояния случайного процесса, когда $(i-1)$ влияние негативного фактора успешно ликвидировано до момента времени начала наступления i -го воздействия, в результате которого либо с вероятностью p_i происходит срыв в управлении организационной системой, либо с вероятностью $(1-p_i)$ вредоносное воздействие будет ликвидировано и процесс продолжится до момента наступления следующего негативного воздействия;

S'_i , $i = 1, 2, \dots, N$ – состояние, когда i -й негативное воздействие привело к срыву управления организационной системой;

S_B – состояние, когда проект был реализован, критический ущерб не нанесен.

Кроме указанных параметров p_i , система также будет описываться набором временных параметров T_i , где $i = 0, 1, \dots, N$, которые имеют смысл среднего времени нахождения системы в состоянии S_i до выхода из него и перехода в некоторое следующее состояние. С указанными временными параметрами связаны интенсивности переходных потоков событий, которые ведут к выходу из состояния S_i и смене состояний системы, которые обозначим как $\lambda_i = 1/T_i$, где $i = 0, 1, \dots, N$. В итоге, можно построить граф состояний описанной системы с марковским случайным процессом, управляющим этой системой, он изображен на Рисунке 5.2.

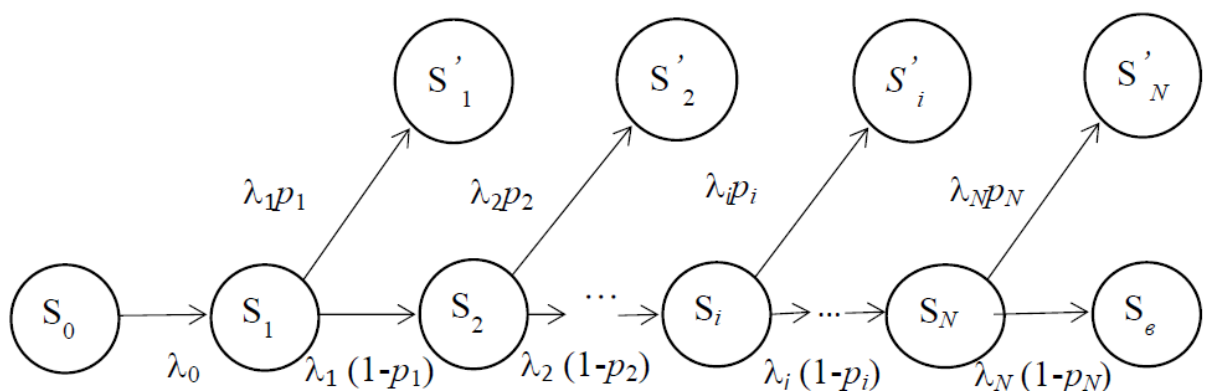


Рисунок 5.2 – Граф состояний случайного процесса

Для анализа функционирования такой системы с течением времени и определения наиболее вероятных моментов времени наступления критического риска

разной природы, необходимо рассчитать вероятности состояний случайного процесса как функции от времени, которые имеют смысл вероятность нахождения в случайный момент времени t системы в состоянии, соответствующей этой вероятности [109].

Вероятности состояний, обозначенных штрихом, имеют смысл вероятности срыва выполнения организационной системы под влиянием каждого из критических рисков, а их сумма:

$$P_h(t) = P'_1(t) + P'_2(t) + \dots + P'_N(t)$$

равна общей вероятности невыполнения организационной системы. Обратная ей вероятность $P_b(t)$ будет показывать шансы успешной управления организационной системой.

Основываясь на графе состояний, приведенного на Рисунке 5.2, для вычисления всех вероятностей состояний необходимо решить систему дифференциальных уравнений Колмогорова, которая имеет вид:

$$\begin{cases} \frac{dP_0(t)}{dt} = -\lambda_0 P_0(t); \\ \frac{dP_i(t)}{dt} = \lambda_{i-1} \cdot P_{i-1}(t) - \lambda_i \cdot P_i(t), \quad i = 1, 2, \dots, N; \\ \frac{dP'_i(t)}{dt} = \lambda_i p_i \cdot P_i(t), \quad i = 1, 2, \dots, N; \\ \frac{dP_b(t)}{dt} = \lambda_N (1 - p_N) \cdot P_N(t). \end{cases} \quad (5.7)$$

Однако, составленная таким образом система (5.7) имеет линейно зависящие уравнения, что приводит к бесконечному множеству возможных решений [109]. Для устранения этой проблемы, из системы (5.7) необходимо удалить одно любое уравнение и заменить его условием нормировки:

$$\sum_{i=0}^N P_i(t) + \sum_{i=1}^N P'_i(t) + P_b(t) = 1,$$

в результате получим систему вида:

$$\begin{cases} \frac{dP_0(t)}{dt} = -\lambda_0 P_0(t); \\ \frac{dP_i(t)}{dt} = \lambda_{i-1} \cdot P_{i-1}(t) - \lambda_i \cdot P_i(t), \quad i = 1, 2, \dots, N; \\ \frac{dP'_i(t)}{dt} = \lambda_i p_i \cdot P_i(t), \quad i = 1, 2, \dots, N; \\ \sum_{i=0}^N P_i(t) + \sum_{i=1}^N P'_i(t) + P_b(t) = 1. \end{cases} \quad (5.8)$$

Для нахождения частного решения системы дифференциальных уравнений (5.8) также необходимо использовать начальные условия, имеющие смысл [109, 113] того, что в начальный момент времени при $t=0$ система находилась в начальном состоянии S_0 . Начальные условия запишем в виде:

$$P_0(0) = 1; P_i(0) = 0; P'_i(0) = 0; i = 1, 2, \dots, N; P_b(t) = 0. \quad (5.9)$$

Таким образом, для нахождения вероятностей состояний была составлена система дифференциальных уравнений, которая является линейной, неоднородной и с постоянными коэффициентами. Разработаны аналитические методы ее решения, например, метод собственных значений и собственных векторов [118]. Однако, ввиду большого числа уравнений, в дальнейшем будем проводить решение численными методами.

Опишем и проанализируем решение системы (5.8) и (5.9) для случая $N=4$ негативных воздействий с критическим риском на проект. В этом случае граф состояний марковского случайного процесса можно описать в виде, который приведен на Рисунке 5.3.

Найдем вероятности всех состояний случайного процесса:

$$P_0(t), P_1(t), P'_1(t), P_2(t), P'_2(t), P_3(t), P'_3(t), P_4(t), P'_4(t), \text{ и } P_b(t),$$

которые будут описывать динамику его функционирования, в частности найти вероятность срыва управления организационной системой $P_n(t) = P'_1(t) + P'_2(t) + P'_3(t) + P'_4(t)$ и вероятность его успешного завершения $P_g(t)$.

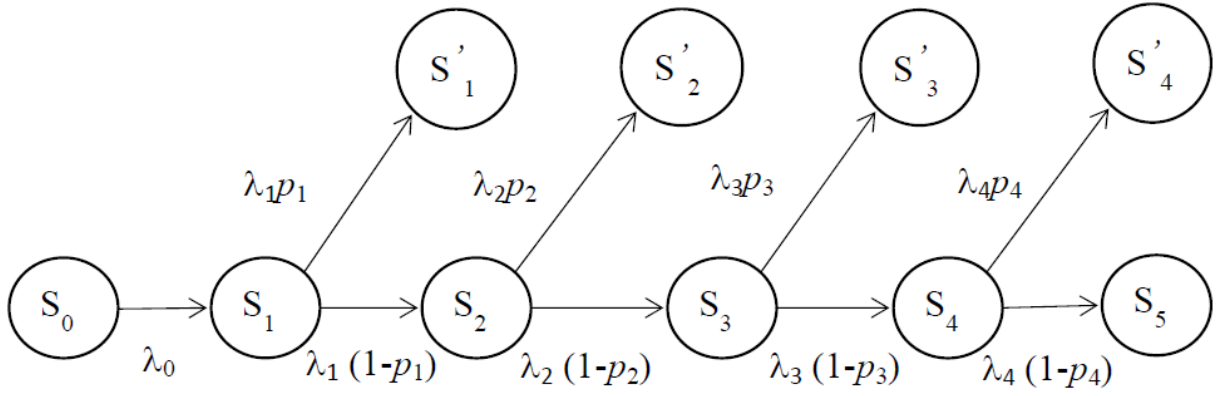


Рисунок 5.3 – Граф состояний случайного процесса для случая $N=4$ негативных воздействий

Система дифференциальных уравнений Колмогорова [118], построенная на основании приведенного на Рисунке 5.3 графа состояний случайного процесса, будет следующей:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dP_0(t)}{dt} = -\lambda_0 P_0(t); \\ \frac{dP_1(t)}{dt} = \lambda_0 \cdot P_0(t) - \lambda_1 \cdot P_1(t); \quad \frac{dP'_1(t)}{dt} = \lambda_1 p_1 \cdot P_1(t); \\ \frac{dP_2(t)}{dt} = \lambda_1(1-p_1) \cdot P_1(t) - \lambda_2 \cdot P_2(t); \quad \frac{dP'_2(t)}{dt} = \lambda_2 p_2 \cdot P_2(t); \\ \frac{dP_3(t)}{dt} = \lambda_2(1-p_2) \cdot P_2(t) - \lambda_3 \cdot P_3(t); \quad \frac{dP'_3(t)}{dt} = \lambda_3 p_3 \cdot P_3(t); \\ \frac{dP_4(t)}{dt} = \lambda_3(1-p_3) \cdot P_3(t) - \lambda_4 \cdot P_4(t); \quad \frac{dP'_4(t)}{dt} = \lambda_4 p_4 \cdot P_4(t); \\ \frac{dP_B(t)}{dt} = \lambda_4(1-p_4) \cdot P_4(t). \end{array} \right. \quad (5.10)$$

Заменяя в системе (5.4) последнее уравнение на условие нормировки

$\sum_{i=0}^4 P_i(t) + \sum_{i=1}^4 P'_i(t) + P_B(t) = 1$, получим окончательно следующую систему дифференциальных уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dP_0(t)}{dt} = -\lambda_0 P_0(t); \\ \frac{dP_1(t)}{dt} = \lambda_0 \cdot P_0(t) - \lambda_1 \cdot P_1(t); \quad \frac{dP'_1(t)}{dt} = \lambda_1 p_1 \cdot P_1(t); \\ \frac{dP_2(t)}{dt} = \lambda_1(1-p_1) \cdot P_1(t) - \lambda_2 \cdot P_2(t); \quad \frac{dP'_2(t)}{dt} = \lambda_2 p_2 \cdot P_2(t); \\ \frac{dP_3(t)}{dt} = \lambda_2(1-p_2) \cdot P_2(t) - \lambda_3 \cdot P_3(t); \quad \frac{dP'_3(t)}{dt} = \lambda_3 p_3 \cdot P_3(t); \\ \frac{dP_4(t)}{dt} = \lambda_3(1-p_3) \cdot P_3(t) - \lambda_4 \cdot P_4(t); \quad \frac{dP'_4(t)}{dt} = \lambda_4 p_4 \cdot P_4(t); \\ P_B(t) = 1 - \sum_{i=0}^4 P_i(t) + \sum_{i=1}^4 P'_i(t). \end{array} \right. \quad (5.11)$$

Она будет дополнена группой начальных условий:

$$P_0(0) = 1; P_B(0) = 0; P_i(0) = 0; P'_i(0) = 0; i = 1, 2, 3, 4. \quad (5.12)$$

В качестве входных параметром для моделирования случайного процесса и нахождения временных зависимостей для вероятностных состояний, зададим некоторые значения для временных параметров – среднего времени нахождения системы в состояниях S_0, S_1, S_2, S_3, S_4 :

$$T_0 = 1/\lambda_0 = 20, T_1 = 1/\lambda_1 = 120, T_2 = 1/\lambda_2 = 120, T_3 = 1/\lambda_3 = 270, T_4 = 1/\lambda_4 = 60,$$

(время указано в часах), а также определим вероятностные параметры, имеющие смысл реализации критических рисков каждого вида:

$$p_1 = 0,05; p_2 = 0,1; p_3 = 0,2; p_4 = 0,1.$$

Проводя численное решение системы (5.11), (5.12) для временного интервала от 0 часов до 1000 часов, построим графики вероятностей состояния S_0, S_1, S_2, S_3, S_4 в зависимости от времени t , они представлены на Рисунке 5.4.

Эти кривые [119] представляют вероятности ликвидации критических рисков на каждом этапе их поступления.

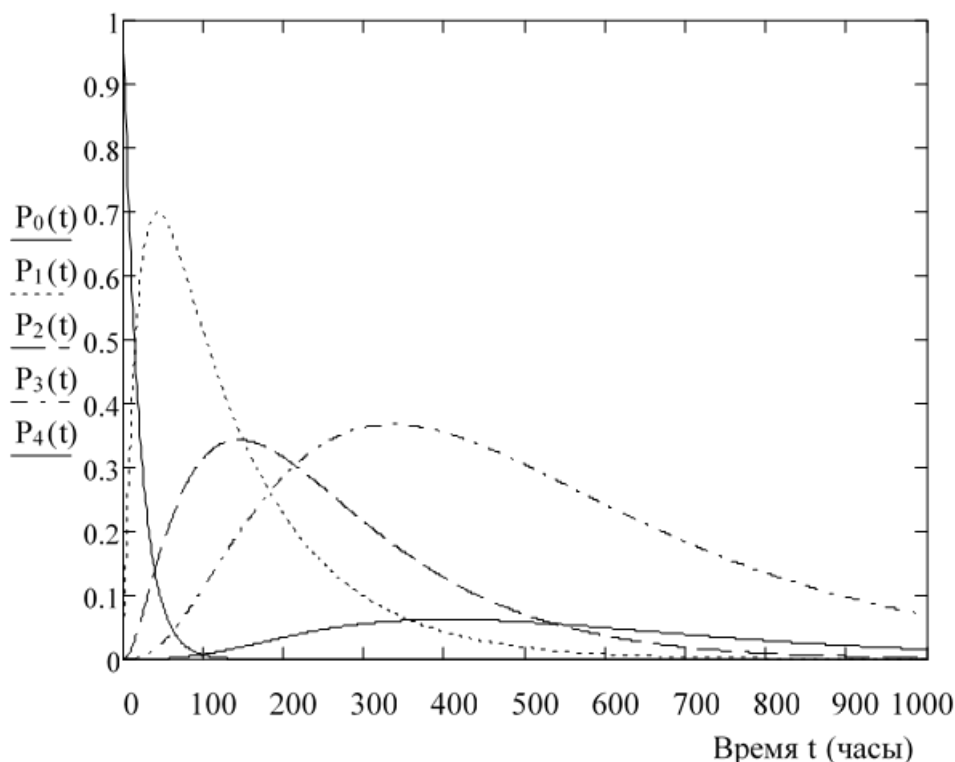


Рисунок 5.4 – Вероятности ликвидации критических рисков на каждом этапе

Из Рисунка 5.4 можно заметить, что вероятности всех этапов управления организационной системой (кроме начального) имеют максимумы, которые показывают моменты времени максимального воздействия [119] критических рисков каждого вида на проект [131].

На Рисунке 5.5 представлены графики временных зависимостей вероятностей срыва управления организационной системой разными видами критических угроз.

Как видно из Рисунка 5.5, вероятности срыва управления организационной системой разными видами критических угроз растут с течением времени, выходя на некоторые постоянные значения при $t \rightarrow \infty$. Асимптотические значения вероятностей срыва управления [119] организационной системой можно рассчитать аналитически, они будут равны:

$$\begin{aligned} P'_1 &= p_1; P'_2 = p_2(1-p_1); P'_3 = p_3(1-p_2)(1-p_1); \\ P'_4 &= p_4(1-p_3)(1-p_2)(1-p_1). \end{aligned} \quad (5.13)$$

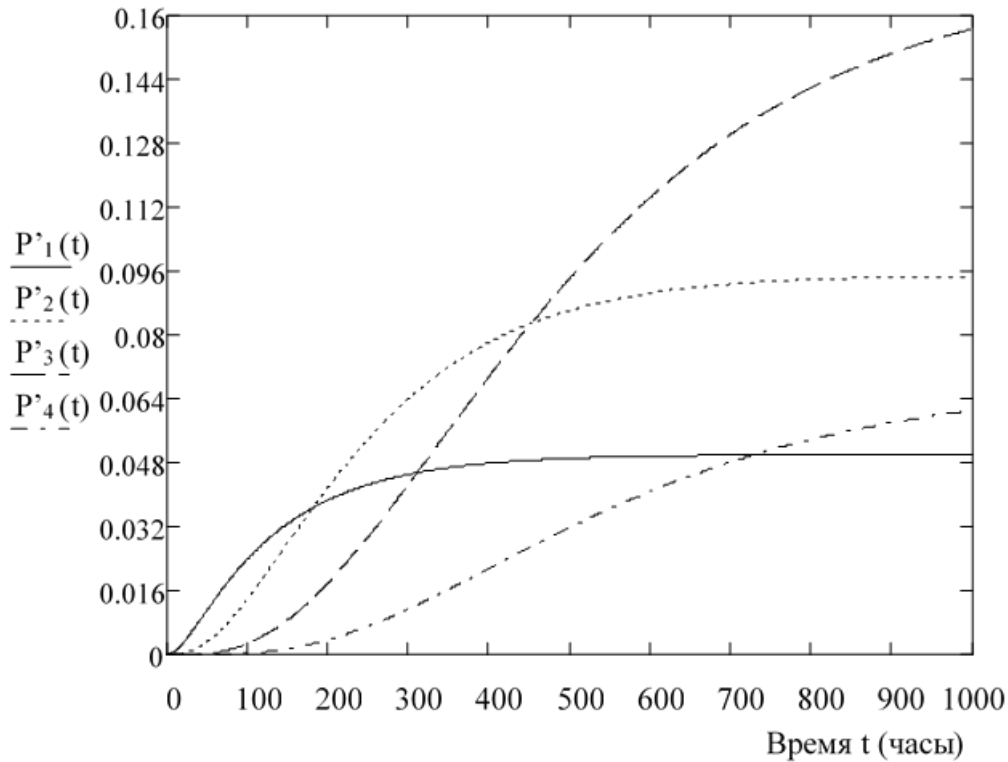


Рисунок 5.5 – Вероятности срыва управления организационной системой разными видами критических угроз

Результаты вычислений указанных вероятностей, произведенные по формуле (5.13) на основании значений параметров, взятых в данном примере, есть:

$$P'_1=0,05; P'_2=0,095; P'_3=0,171; P'_4=0,0684.$$

Можно обобщить формулу (5.13) на случай произвольного числа критических рисков N , записав вероятности срыва управления организационной системой по каждому критическому риску:

$$P_k = p_k \sum_{i=1}^{k-1} (1 - p_i), \quad k = 1, 2, \dots, N.$$

В заключение приведем зависимости от времени двух базовых вероятностей: вероятности успешной управления организационной системой $P_v(t)$, а также обратной ей вероятности срыва проекта из-за воздействия критических рисков $P_n(t)$. Эти зависимости приведены на Рисунке 5.6.

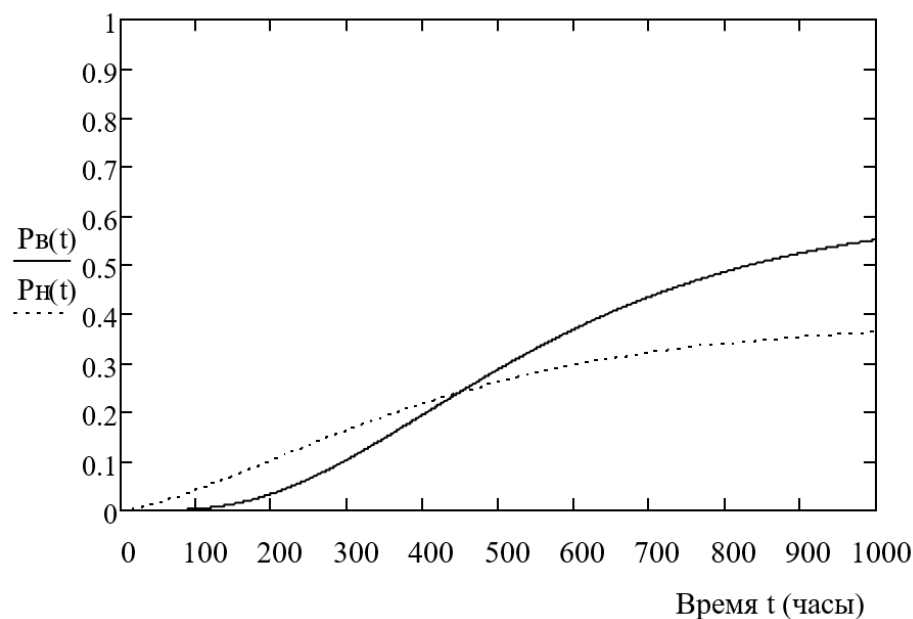


Рисунок 5.6 – Вероятности успешной реализации $P_{\text{в}}(t)$ и срыва $P_{\text{н}}(t)$ управления организационной системой

Как и графики на Рисунке 5.6, данные вероятности из Рисунка 5.5 растут с течением времени, выходя на некоторые постоянные значения при $t \rightarrow \infty$.

Асимптотические значения указанных вероятностей можно рассчитать аналитически, они будут равны:

$$P_{\text{в}}(t) = (1-p_1)(1-p_2)(1-p_3)(1-p_4); \quad P_{\text{н}}(t) = 1 - P_{\text{в}}(t),$$

или в численном виде для указанных данных: $P_{\text{в}}(t) = 0,616$; $P_{\text{н}}(t) = 0,384$.

В случае N критических рисков, можно записать:

$$P_{\text{в}} = \sum_{i=1}^N (1-p_i), \quad P_{\text{н}} = 1 - \sum_{i=1}^N (1-p_i).$$

Таким образом, предложенная модель позволяет оценить влияние на реализацию организационной системы каждого из критических рисков, поступающих последовательно. Следует отметить то, что в рамки модели можно включить и риски, поступающие параллельно. Для этого все риски, поступающие параллельно в течении некоторого периода времени следует объединить в некоторый единый риск с временным параметром, равным общему времени воздействия группы рисков и вероятностным параметром, определенным по формулам сложения и

умножения вероятностей в зависимости от вида взаимодействия рисков [138, 144].

Наиболее эффективна представленная модель будет задействована в системе управления инновационными организационными системами в совокупности с методами сетевого планирования и управления в условиях неопределенности.

5.3 Выводы

Показана актуальность разработки модели оценки рисков при управлении развивающимися организационными системами.

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.

Приведена **динамическая модель оценки риска** при управлении развивающимися организационными системами. Она может служить основой для построения системы оптимального управления ходом выполнения работ и принятию решений по организации мероприятий.

Описана математическая модель, позволяющая оценивать вероятностных рисков, которые могут привести к срыву управления развивающимися организационными системами. Риски связаны с негативным влиянием внешних факторов, которые могут возникать в случайные моменты времени и быть разными по мере воздействия на каждом этапе строительства. Модель основана на теории марковских случайных процессов.

Таким образом, разработана 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 ин-

тенсивности, критических и последовательности не критических 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.

6. АЛГОРИТМИЗАЦИЯ ОЦЕНКИ КОМПЕТЕНТНОСТИ ЛИЦ, ПРИНИМАЮЩИХ РЕШЕНИЕ О РЕДУКЦИИ МНОЖЕСТВА БАЗОВЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ

Рассматривается применение потоковых алгоритмов для решения практически важных задач, таких как оценка значимости состояний организационной системы, определение компетентности лиц, принимающих решение о редукции множества базовых представителей направления развития, формирование производственной программы предприятия. Один из алгоритмов решения основан на методе регуляризации Тихонова [96]. Но вместо того, чтобы определять значение параметра регуляризации по результатам решения задачи безусловной оптимизации большой размерности предлагается осуществить подбор такого значения основанный на свойствах искомого решения. Это свойство заключается в том, что в результате решения важно получить не абсолютное значение рейтинга каждого специалиста, а систему оценок, в которой сохраняются пропорции между найденными оценками.

6.1. Особенности применения потоковых моделей к задачам оценки состояния организационной системы

Первой рассмотрим особенности применения потоковых моделей к задачам оценки состояния организационной системы.

Развивающаяся управляемая организационная система является [37, 97, 107] динамической средой. Ее можно определить системой, как правило, вероятностных параметров.

Из-за изменения состояния развивающейся системы во времени постоянная идентификация таких состояний является сложной задачей – ведь необходимо каким-то образом описать траекторию управляемой системы во времени.

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 следующие 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 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. Пример такого направленного графа представлен на Рисунке 6.1 [37, 107].

Именно такое описание будем применять для минимальной производственной единицы.

Переходные вероятности описывают движение системы по траектории. Это движение между состояниями i и j определяется, в том числе и интенсивностями перехода λ_{ij} . Приведенный на рис. 6.1 граф состояний описывается уравнениями Колмогорова (система обыкновенных дифференциальных уравнений).

Следуя [38, 113], определим коэффициенты λ как усредненное количество соответствующих событий в интервал времени. 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 [38, 113].

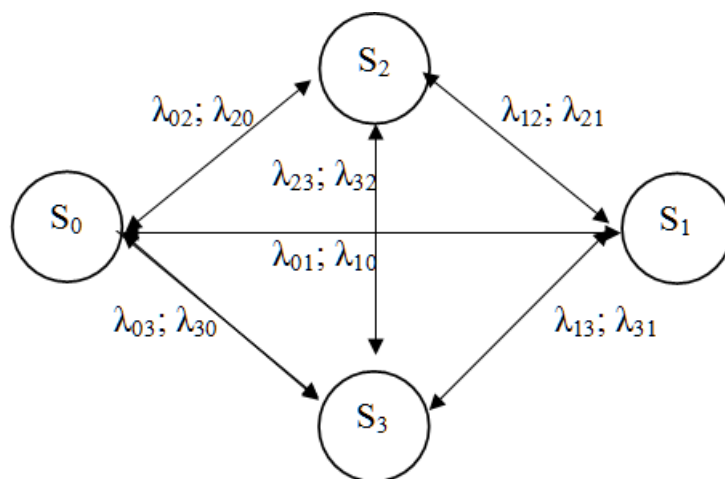


Рисунок 6.1 – Пример графа состояний организационной системы

В силу физического смысла этих параметров они в большинстве случаев инвариантны от времени. Необходимо отметить, что из-за сезонности они могут варьироваться, для целей исследования их можно считать константами по времени.

Для параметра, описывающего «мощность» коллектива исполнителей, справедлива квартальная зависимость от времени, что связано с требованиями режима труда и отдыха.

Следуя [38, 111], будем указанный параметр считать постоянным. В реальных условиях «мощность» коллектива исполнителей может влиять на успешность результата функционирования системы в нормативный интервал времени с учетом коэффициента нормирования в интервале между 1.05 и 1.25. Эти величины варьируются в зависимости от типизации назначаемых коллективу исполнителей заданий. В результате в расчетах нужно принимать во внимание только ситуации неуспеха даже с учетом того, что «мощность» коллектива исполнителей с учетом коэффициента нормирования, причем статистическое усреднение числа таких ситуаций и определит искомый параметр [38, 113].

Возникает задача определения важности факторов, описывающих состояние данной организационной системы, то есть необходимо определить на решение каких вопросов направить основные усилия менеджеров предприятия.

Воспользуемся потоковой моделью.

Рассмотрим процессы, происходящие в сети. Для примера возьмем сеть, представленную на Рисунке 6.1. В этом случае вершины графа будут представлять состояния организационной системы, а ребра графа будут описывать возможные переходы организационной системы из одного состояния в другое. Процессы, протекающие в сети, предполагают, что под воздействием факторов различной природы система переходит из одного состояния в другое. Таким образом, возникает задача получения результирующей оценки, которая бы характеризовала каждое положение системы с точки зрения успешности ее функционирования. Граф в общем случае будет являться ориентированным, то есть оргграфом. Таким образом, получили структуру, с помощью которой можно описывать процессы, происходящие в сети. Пример такой сети приведен на Рисунке 6.1.

Возникает задача: каким образом можно оценить важность каждого состояния с точки зрения всей системы. Построить алгоритм оценивания с учетом вышеназванного обстоятельства возможно при помощи потоковых алгоритмов [7, 8, 107].

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 рассматриваемой 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.

Естественно, что поток будет передаваться только по ребрам графа, задаю-

щего процедуру функционирования системы, причем, чем сильнее влияние конкретного состояния на деятельность организационной системы, тем больше должен быть поток. Вполне понятно, что коэффициентом пропорциональности в такой зависимости может быть взята другая характеристика вершины: ее потенциал. Ни потенциалы вершин, ни потоки по дугам, нам пока неизвестны. Для успешного решения задачи необходимо их вычислить.

Сведения о возможных переходах системы из одного состояния в другое задаются в виде матрицы смежности. В этом случае на пересечении i -й строки и j -го столбца ставится интенсивность перехода системы из состояния i в состояние j . Нулевое значение в матрице смежности означает, что между этими состояниями переходов нет. Главная диагональ матрицы заполняется нулями, так как система не может перейти из данного состояния в него же: она может только находиться в этом состоянии [7, 8, 107].

Теперь, используя понятия потока по ребру, потенциала вершины и пропускной способности ребра, возможно по аналогии с электрическими цепями ввести соотношение аналогичной закону Ома [9, 10, 97]. Для этого 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 следующее выражение

$$\sum_j c_{ij} q_j = \sum_j c_{ji} q_i = c_i q_i. \quad (6.1)$$

В данном соотношении использовалась электрическая аналогия пропускной способности ребра с проводимостью. А так как в данном случае рассматриваются все ребра, выходящие из рассматриваемой вершины, то есть имеет место аналог параллельного соединения проводников, то суммарная проводимость такого участка будет равна сумме проводимостей составляющие его ребер [8, 107]. Таким образом, получаем, что:

$$c_i = \sum_j c_{ij} q_j$$

В полученной системе уравнений, размерность которой будет равна числу вершин графа, в качестве неизвестных используются величины потенциала каждой вершины q_i , а пропускные способности ребер c_{ij} являются известными.

К решению данной задачи можно подойти чисто с позиций линейной алгебры. Для этого достаточно вспомнить, что для любого графа можно определить степень каждой вершины и матрицу смежности A . Степени вершин также можно задать в виде матрицы D , у которой по главной диагонали находятся степени вершин, а все остальные элементы равны 0. Таким образом, для любого графа можно достаточно просто найти матрицу Кирхгофа K , вычисляемую в виде разности двух матриц (матрицу Кирхгофа достаточно часто называют дискретным оператором Лапласа или лапласианом):

$$K = D - A. \quad (6.2)$$

Решение системы уравнений (6.1) при помощи матрицы Кирхгофа заключается в нахождении дополнительного минора матрицы Кирхгофа. Если обозначить такой минор через $A_j^i(K)$, то решение системы (6.1) может быть записано в виде:

$$q_i = A_j^i(K). \quad (6.3)$$

А 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:

$$\varphi_i = A_j^i(K) c_i. \quad (6.4)$$

Таким образом, для того чтобы вычислить потенциалы вершин и потоки по инцидентным ребрам необходимо вычислять дополнительные миноры матрицы Кирхгофа. Количество миноров, подлежащих вычислению, будет равно количеству вершин. То есть задача с вычислительной точки зрения достаточно трудоемкая. Но если использовать свойства матрицы Кирхгофа, то можно упростить задачу, сведя ее к обращению преобразованной матрицы Кирхгофа.

Одним из основных свойств матрицы Кирхгофа является тот факт, что ее определитель всегда равен нулю, то есть выполняется соотношение вида [6, 143]:

$$\det(K) = 0.$$

Если расписать систему уравнений (6.4) 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. Отсюда будет справедливым следующее утверждение [9-11, 143].

Утверждение 6.1. Матрица балансового уравнения потока при описании возможных состояний организационной системы будет, является лапласианом, а, следовательно, и имеет определитель равный нулю. Ранг r такой матрицы будет равен $r=n-1$.

Доказательство этого утверждения следует из построения самой матрицы: первое слагаемое в выражении (6.4) дает степень произвольной вершины i , а второе определяет с какими вершинами связана вершина i , то есть представляет компоненты матрицы смежности.

Утверждение 6.2. Задача, в которой начальный поток в каждой из вершин графа состояния отсутствует, сводится к решению однородной алгебраической системы линейных уравнений.

Доказательство этого утверждения следует из следующих соображений. Действительно, возможный вектор правых частей $\Delta\varphi_i=0$, и мы приходим к выражению (6.4), матрица левых частей которого, согласно утверждения 1, будет иметь определитель, равный нулю. Таким образом, в этом случае выражение (6.4), позволяющее определить потенциалы каждой вершины графа взаимодействия членов экспертной группы будет иметь решение.

При этом будет справедливо следующее следствие.

Следствие. Так как матрица, описывающая взаимодействие участников экспертного сообщества, представляет собой лапласиан с рангом равным $r=n-1$, то решение соответствующей однородной системы уравнений (6.4) будет определяться с точностью до одной постоянной.

Данное следствие полностью согласуется с теорией электростатического поля, когда потенциалы зарядов определяются с точностью до постоянной, за которую обычно принимается потенциал бесконечно удаленной точки. Совершенно аналогично потенциалы вершин графа, описывающего взаимодействие между участниками экспертного сообщества, будут выражаться через потенциал одной из вершин, величина которого принимается равной произвольному числу, например, единице. Выбор такой вершины и величины ее потенциала осуществляется произвольно. Это означает, что решение задачи заключается не в нахождении абсолютных значений искомого параметра, а только соотношений между этими величинами.

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. То есть:

$$q_i = \frac{a_{1i}}{\det(A^{-1})},$$

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

К сожалению, в общем случае совершенно не ясно, что же принимать за показатель ранжирования рассматриваемых объектов.

Особенности применения данного алгоритма рассмотрим на примере.

Пример 6.1. Исходя из статистических данных о деятельности производственной единицы, определяем интенсивности перехода анализируемой системы из одного состояния в другое.

Это позволит нам построить матрицу смежности A (Таблица 6.1) и матрицу степеней вершин (Таблица 6.2)

Таблица 6.1 – Матрица смежности для оценки значимости состояний организационной системы

A		0	I	II	III
	0	0	0,124	0,084	0,112
	I	0,876	0	0,084	0,112
	II	0,916	0,916	0	0,1
	III	0,888	0,888	0,9	0
	Степень вершины	2,68	1,928	1,068	0,324

Таблица 6.2 – Матрица «степеней» вершин

D		0	I	II	III
	0	2,68	0	0	0
	I	0	1,928	0	0
	II	0	0	1,068	0
	III	0	0	0	0,324

Учитывая особенности задачи степени вершин могут получиться дробные. Физически это означает, что поток в сети может принимать дробные значения.

Предварительный шаг. В матрице Кирхгофа заменяем первую строку строкой вида: $(1, 0, \dots, 0)$. Результат представлен в Таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Матрица Кирхгофа или лапласиан по результатам предварительного шага

K		0	I	II	III
	0	1	0	0	0
	I	0,876	1,928	-0,084	-0,112
	II	0,916	0,916	1,068	-0,1
	III	-0,888	0,888	-0,9	0,324

1 шаг. Осуществляем обращение полученной на предварительном шаге матрицы. Обратная матрица приведена в Таблице 6.4.

Таблица 6.4 – Обратная матрица

K^{-1}		0	I	II	III
	0	1	0	0	0
	I	1,732943	0,974658869	0,487329	0,487329435
	II	4,115811	1,467835526	1,999385	1,124493941
	III	18,9231	6,748608178	6,88949	7,54565767

2 шаг. Вычисляем определитель этой матрицы. В данном случае для проверки можно использовать свойство определителей прямой и обратной матриц:

$$\det(K^{-1}) = \frac{1}{\det(K)}.$$

Окончательно получаем:

$$\det(K^{-1}) = 3,807.$$

3 шаг. Необходимо разделить значения обратной матрицы, находящиеся в первой колонки на определитель обратной матрицы. Компоненты полученного вектора и будут составлять потенциалы вершин графа. То есть:

$$q_i = \frac{k_{1i}}{\det(K^{-1})},$$

где k_{1i} – значения первого столбца обратной матрицы.

Окончательный итог может быть записан в следующем вид: потенциал каждой из вершин будет определяться значениями, представленными во второй колонке. Но учитывая, что полученные значения потенциалов достаточно значительные, то можно упростить данные выражения, приведя их к одному основанию. В качестве такого основания выбирается суммарный потенциал, и все остальные значения делятся на эту величину. Соответствующие значения представлены в третьей колонке матрицы (Таблица 6.5)

Таблица 6.5 – Значимости каждого из состояний

	Значимость	Нормированное значение
0	0,263	0,039
I	0,455	0,067
II	1,081	0,160
III	4,971	0,734

Таким образом, по значению потенциала, который в данном случае будет характеризовать значимость каждого состояния можно сказать, что в порядке убывания значимости состояния организационной системы можно расположить можно следующим образом:

$$\text{III} - \text{II} - \text{I} - 0.$$

Вполне понятно, что полученные результаты будут справедливы только для приведенного в примере распределения интенсивностей перехода организационной системы из одного состояния в другое.

6.2 Оценка компетентности лиц, принимающих решение о редукции множества базовых представителей направления развития

Другим примером использования потоковых моделей может являться оценка значимости участников любого сетевого сообщества, что помогает выделить лидеров, формирующих мнение в социальных сетях или же оценить компетентность экспертов, привлекаемых для проведения экспертных опросов [151].

6.2.1 Сложность оценки компетентности

В таких задачах основной трудностью является оценка компетентности каждого участника сетевого сообщества. Как правило, в этом случае учитывают качество опросов или экспертиз, для проведения которых привлекался конкретный участник сетевого сообщества. Но это означает, что должна вестись соответствующая база данных о проведенных опросах, в которой учитываются результаты

каждого участника. Вот на основе этих результатов и можно формировать рейтинг. Это достаточно трудоемкое и затратное мероприятие. Причем в этом случае очень тяжело обеспечить сопоставимость опросов, в которых участвовали участники. Действительно, есть опросы достаточно элементарные, а есть очень сложные. При этом возникает уже проблема оценки такой сложности и формирование базы данных, которая содержала бы сопоставимые данные. Ко всему этому добавляется еще и то обстоятельство, что на сегодняшний день отсутствуют приемлемые алгоритмы, позволяющие построить адекватную оценку при таком подходе. Хотя и имеются случаи удачно реализованных баз данных.

Более приемлемым, на наш взгляд является применение методов, основанных на мнении всего сетевого сообщества, привлекаемого для решения поставленной задачи, то есть необходимо учесть мнение каждого члена этого сообщества о других участниках. В основу таких методов должна быть положен простейший принцип: оценка, даваемая более авторитетным участником должна быть более значима при всех прочих равных условиях. Теперь возникает вопрос о том, как определить авторитетность каждого участника опроса.

Здесь возникает две возможности. Первая, сетевое сообщество имеет устойчивый состав в течение достаточно длительного времени, и репутация каждого из его членов складывается на основе всей предыстории взаимодействия в этом тематическом сообществе. Примером может являться научно-технический или диссертационный совет, сообщество не постоянно и каждое совещание может иметь совершенно иной состав. Рейтинг участников формируется только в ходе этого собрания и на все остальные не распространяется, хотя возможны варианты и накопления сведений по каждому из участников таких временных сообществ. Примером может служить различного рода сетевые сообщества (6.1 – 6.3).

В данном случае будем рассматривать устойчивое сообщество, то есть экспертное сообщество будет иметь устойчивый состав, а рейтинг каждого участника будет изменяться от собрания к собранию. Ярким примером такого сообщества может выступать научно-технический совет предприятия. В ходе функционирования такого образования у его участников формируется мнение о каждом из чле-

нов. Это мнение, выражено в цифровой форме и может быть принято за уровень компетентности каждого из участников данного совета.

6.2.2 Аналогии в электротехнических задачах

Пример применения для оценки компетентности экспертов

Это дает возможность представить схему взаимодействия членов экспертной группы в виде связного графа, в котором любая произвольная вершина графа связана с любой другой вершиной этого же графа хотя бы одним путем (6.4 – 6.6). Дальнейшее функционирование всей системы может быть представлено как функционирование электрической цепи. В этом случае оценки, которыми будут обмениваться члены экспертного сообщества, можно представить, как силу тока по соответствующей дуге, а каждая вершина графа будет иметь определенный потенциал. Именно величину этого потенциала и можно принять за значимость эксперта, соответствующего этой вершине графа. Если перейти от электрической аналогии к более привычным терминам теории графов, то получаем потоковую модель. В этом случае каждый эксперт представляет собой вершину графа, а дуги показывают связь между экспертами. Так дуга (i, j) показывает, что i -й эксперт поставил оценку j -му, а вес дуги a_{ij} – величину этой оценки. Причем величина этой оценки будет зависеть от рейтинга эксперта, ее поставившего с учетом текущего опроса.

Таким образом, систему взаимодействия участников экспертного сообщества моделируется матрицей смежности графа (6.5, 6.7, 6.8). По логике построения исходный граф не будет иметь петель: действительно ведь не может же эксперт оценивать сам себя, выставляя себе оценки. Хотя, строго говоря, вариант учета самооценки эксперта так же может рассматриваться, но это уже выходит за рамки рассматриваемой задачи. В отсутствии самооценки экспертов матрица смежности будет содержать на главной диагонали только нули, то есть $a_{ii}=0$.

Рассмотрим пример применения, описанного выше потокового алгоритма к вычислению рейтинговой оценки участников рассматриваемого сообщества.

Необходимо определить рейтинг каждого члена научно-технического совета (НТС) предприятия, используя данные опроса членов НТС об эффективности деятельности членов совета. Возможна организация непосредственного опроса членов совета с использованием статистики заседаний. В данном случае накапливались данные о тех предложениях, которые обсуждались на совете, кто их инициировал и сведения, кто за какое предложение голосовал. Необходимо определить значимость каждого члена НТС. Состав НТС включает 9 человек.

Для решения поставленной задачи необходимо получить матрицу смежности A , которая будет описывать деятельность членов НТС за анализируемый период. По данным секретариата НТС имеются следующие данные, которые представлены в виде матрицы смежности A (Таблица 6.6)

Таблица 6.6 – Матрица смежности A для рассматриваемого примера

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
I	0	2	1	3	0	2	4	4	1
II	3	0	2	4	5	7	0	2	4
III	2	1	0	3	2	1	6	0	5
IV	3	2	1	0	4	0	2	1	1
V	2	5	6	1	0	4	1	3	0
VI	5	3	1	0	2	0	1	5	2
VII	3	2	5	7	6	2	0	1	3
VIII	7	6	7	4	4	6	7	0	4
IX	1	2	1	2	5	7	3	6	0

Используя понятие степени вершины, можно с использованием выражения (6.2) построить матрицу Кирхгофа или лапласиан (Таблица 6.7)

Таблица 6.7 – Лапласиан для рассматриваемого примера

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
I	26	-2	-1	-3	0	-2	-4	-4	-1
II	-3	23	-2	-4	-5	-7	0	-2	-4
III	-2	-1	24	-3	-2	-1	-6	0	-5
IV	-3	-2	-1	24	-4	0	-2	-1	-1
V	-2	-5	-6	-1	28	-4	-1	-3	0
VI	-5	-3	-1	0	-2	29	-1	-5	-2
VII	-3	-2	-5	-7	-6	-2	23	-1	-3
VIII	-7	-6	-7	-4	-4	-6	-7	22	-4
IX	-1	-2	-1	-2	-5	-7	-3	-6	20

В целях проверки правильности построения можно использовать одно из свойств лапласиана: сумма по каждому столбцу лапласиана должна равняться нулю.

В этом случае, когда известен лапласиан, поток через каждую вершину может быть определен путем решения системы уравнений (6.4), для чего необходимо будет вычислить дополнительные миноры матрицы Кирхгофа, что является достаточно трудоемкой операцией. Воспользуемся алгоритмом, приведенным выше и связанным с процедурой обращения матрицы.

Предварительный шаг. В матрице Кирхгофа заменяем первую строку строкой вида: $(1, 0, \dots, 0)$. Результат приведен в Таблице 6.8.

Таблица 6.8 – Результат предварительного шага

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
I	1	0	0	0	0	0	0	0	0
II	-3	23	-2	-4	-5	-7	0	-2	-4
III	-2	-1	24	-3	-2	-1	-6	0	-5
IV	-3	-2	-1	24	-4	0	-2	-1	-1
V	-2	-5	-6	-1	28	-4	-1	-3	0
VI	-5	-3	-1	0	-2	29	-1	-5	-2
VII	-3	-2	-5	-7	-6	-2	23	-1	-3
VIII	-7	-6	-7	-4	-4	-6	-7	22	-4
IX	-1	-2	-1	-2	-5	-7	-3	-6	20

1 шаг. Осуществляем обращение полученной на предварительном шаге матрицы. Получаем обратную матрицу, приведенную в Таблице 6.9.

2 шаг. Вычисляем определитель полученной обратной матрицы A^{-1} для матрицы Кирхгофа. В данном случае для проверки можно использовать свойство определителей прямой и обратной матриц:

$$\det(A^{-1}) = \frac{1}{\det(A)}.$$

Окончательно получаем:

$$\det(A^{-1}) = 3,9 \cdot 10^{-11}.$$

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.

Таблица 6.9 – Обратная матрица

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
I	1.000	0	0	0	0	0	0	0	0
II	1.532	0.094	0.055	0.052	0.060	0.061	0.047	0.051	0.059
III	1.193	0.042	0.084	0.044	0.047	0.043	0.048	0.038	0.051
IV	0.811	0.028	0.028	0.065	0.032	0.026	0.027	0.025	0.027
V	1.122	0.044	0.047	0.037	0.076	0.043	0.037	0.038	0.040
VI	1.094	0.037	0.036	0.031	0.038	0.069	0.033	0.037	0.037
VII	1.536	0.054	0.061	0.059	0.063	0.054	0.092	0.049	0.058
VIII	2.622	0.093	0.098	0.087	0.097	0.094	0.091	0.122	0.095
IX	2.024	0.074	0.075	0.069	0.082	0.082	0.072	0.076	0.121

Окончательный итог может быть записан в следующем виде: потенциал каждой из вершин будет определяться значениями, представленными во второй ко-

лонке. Но учитывая, что полученные значения потенциалов достаточно значительные, то можно упростить данные выражения, приведя их к одному основанию. В качестве такого основания выбирается значение суммарного потенциала, и все остальные значения делятся на эту величину. Соответствующие значения представлены в третьей колонке матрицы, представленной в Таблице 6.10.

Таблица 6.10 – Результат решения

№ п/п	Потенциал	Нормированный потенциал	Ранг
I	25646549945	0,081256664	8
II	37589243633	0,119095027	3
III	28882930133	0,091510576	5
IV	19838862266	0,062856009	9
V	27423046122	0,086885186	6
VI	26872795926	0,085141813	7
VII	36068913266	0,114278122	4
VIII	63969811109	0,202677299	1
IX	49331805021	0,156299304	2

Таким образом, по значению потенциала, который в данном случае будет характеризовать значимость каждого члена НТС можно сказать, что в порядке убывания авторитетности членов НТС можно расположить следующим образом:

VIII – IX – II – VII – III – V – VI – I – IV

Понятно, что если целью решения было определение значимости или рейтинга членов совета за определенный период, то решение получено.

Таким образом, был рассмотрен алгоритм, позволяющий получить количественную оценку для каждого агента социальной сети с учетом тех оценок, которые ему выставили другие участники этой же сети. Данный алгоритм может быть использован в различных производственных ситуациях, когда необходимо построить оценки для группы участников рассматриваемой процедуры с учетом мнений каждого. Возможности алгоритма были показаны на примере определения рейтинга членов научно-технического совета предприятия, с целью последующего учета при подведении итогов голосования. Но этим не исчерпываются

возможности приведенного алгоритма, который может использоваться и в других процедурах.

Например, при проведении с помощью социальных сетей различного рода опросов и определения предпочтений потребителя, когда необходимо предварительно вычислить вес каждого участника. Или при определении коэффициента компетентности эксперта. Это могут быть задачи о нахождении консенсуса, когда в качестве исходных данных должны использоваться параметр, получивший название влияние участника. Данный алгоритм может быть использован в системах стимулирования персонала, когда необходимо учесть мнение всех членов производственного коллектива.

Данные фундаментальные свойства потоков в графе послужили основой для достаточно часто встречающейся, в настоящее время, задачи оценки участников различного рода опросов, подведения итогов соревнований, в том числе и спортивных и т.п. В этом случае рейтинг каждого из участников складывается из оценок, которые ему поставили другие участники, Но значимость каждого из участников будет зависеть от рейтинга, полученного этим участником в ходе данного опроса.

В данном случае такая система подсчета результатов многих соревнований будет являться более объективной, что те методики, которые приняты в настоящее время, когда выигрыш у фаворита сезона и аутсайдера оцениваются одинаковым количеством очков (достаточно вспомнить футбол или шахматы). Для применения алгоритмов теории графов к подобной задаче, необходимо отождествить потенциал вершины графа с рейтингом участника, а сам граф будет представлять собой схему взаимодействия участников. Следовательно, для того чтобы получить рейтинги участников опроса, голосования или соревнования необходимо решить систему уравнений, относительно неизвестных потенциалов q_i .

6.3 Взаимооценка уровня компетентности экспертов

Выше мы рассмотрели ситуацию, когда начальные рейтинги, существую-

щие у участников сообщества, не учитываются. Но в общем случае это не так. В устойчивом сообществе рейтинг каждого участника будет изменяться от совещания к совещанию. Ярким примером такого сообщества может выступать научно-технический совет предприятия. В ходе функционирования такого образования у его участников формируется мнение о каждом из членов. Это мнение выражено в цифровой форме и может быть принято за уровень компетентности каждого из участников данного совета.

Это дает возможность представить схему взаимодействия членов экспертной группы в виде связного графа, в котором любая произвольная вершина графа связана с любой другой вершиной этого же графа хотя бы одним путем (6.4 – 6.6). Дальнейшее функционирование всей системы может быть представлено как функционирование электрической цепи. В этом случае оценки, которыми будут обмениваться члены экспертного сообщества, можно представить, как силу тока по соответствующей дуге, а каждая вершина графа будет иметь определенный потенциал. Именно величину этого потенциала и можно принять за значимость эксперта, соответствующего этой вершине графа. Если перейти от электрической аналогии к более привычным терминам теории графов, то получаем потоковую модель. В этом случае каждый эксперт представляет собой вершину графа, а дуги показывают связь между экспертами. Так дуга (i, j) показывает, что i -й эксперт поставил оценку j -му, а вес дуги a_{ij} – величину этой оценки. Причем величина этой оценки будет зависеть от рейтинга эксперта, ее поставившего с учетом текущего опроса.

Таким образом, систему взаимодействия участников экспертного сообщества моделируется матрицей смежности графа (6.5, 6.7, 6.8). По логике построения исходный граф не будет иметь петель: действительно ведь не может же эксперт оценивать сам себя, выставя себе оценки. Хотя, строго говоря, вариант учета самооценки эксперта так же может рассматриваться, но это уже выходит за рамки рассматриваемой задачи. В отсутствии самооценки экспертов матрица смежности будет содержать на главной диагонали только нули, то есть $a_{ii}=0$.

Для решения поставленной задачи необходимо определить потенциалы ка-

ждой вершины графа взаимодействия членов экспертной группы. Для дальнейшего решения введем следующие обозначения: q_i – потенциал i -й вершины графа; φ_{ij} – поток по дуге (i, j) . Тогда уравнение сохранения потока в графе будет иметь следующий вид:

$$\sum \varphi_{ij} - \sum \varphi_{ji} = \Delta \varphi_i, \quad (6.5)$$

где $\Delta \varphi_i$ – величина начального потока в вершине i .

Как и в электрических цепях, величина потока по дуге будет зависеть от величины потенциала узлов, соединенных дугой (i, j) , значения которых пока остаются неизвестными.

Для того, чтобы ввести в уравнение баланса потока в качестве неизвестных потенциалы вершин, необходимо использовать дополнительное соотношение между рассматриваемыми величинами, то есть величиной потока φ_{ij} , потенциалом вершины q_i и пропускной способностью дуги c_{ij} . Принимая во внимание закон Ома для электрических цепей, для этой цели вводится соотношение вида:

$$\varphi_{ij} = c_{ij} \cdot q_j. \quad (6.6)$$

В этом случае соотношение (6.1) будет представлено в виде:

$$\sum_{j=1}^n c_{ij} q_j - \sum_{j=1}^n c_{ji} q_i = \Delta \varphi_i, i = 1 \dots n \quad (6.7)$$

В качестве величин $\Delta \varphi_i$ скорее всего в данной задаче будет вполне логичным принимать начальный рейтинг участников сообщества, если конечно же он имеется. В том случае, когда сообщество только организуется и никаких сведений о рейтинге участников не имеется, полагают, что $\Delta \varphi_i = 0$, то есть имеет место следующая однородная система уравнений:

$$\sum_{j=1}^n c_{ij} q_j - \sum_{j=1}^n c_{ji} q_i = 0, i = 1 \dots n \quad (6.8)$$

И здесь возникает проблема решения однородной системы уравнений большой размерности. К сожалению, имеющиеся алгоритмы предполагают большой объем аналитических преобразований, которые вполне является терпимым при решении систем небольшой размерности. Но вот решение систем размерно-

стью в несколько десятков уравнений вызывает некоторые затруднения вычислительного характера. Для решения поставленной задачи в (6.5, 6.12 – 6.14) был предложен алгоритм, изложенный выше.

Рассмотрим пример для случая пяти экспертов.

Пример 6.2. Матрица взаимодействия участников экспертного сообщества задана в Таблице 6.11. Сведения о начальном рейтинге экспертов отсутствуют. Необходимо определить рейтинг каждого эксперта, используя сведения об оценке экспертов друг другом (Таблица 6.11)

Таблица 6.11 – Матрица взаимодействия экспертов

	I	II	III	IV	V
I	0	2	1	4	2
II	1	0	2	4	3
III	2	1	0	1	2
IV	4	2	3	0	1
V	3	1	4	3	0

Из матрицы взаимодействия достаточно просто получить матрицу Кирхгофа: для этого необходимо построить матрицу степеней вершин и воспользоваться соотношением

$$K = D - C. \quad (6.9)$$

где K – матрица Кирхгофа; D – матрица степеней вершин; C – матрица смежности.

Получаем в окончательном виде Таблицу 6.12.

Расчет показывает, что матрица Кирхгофа будет приблизительно равна нулю – $\det(K)=7 \cdot 10^{-12}$.

Преобразуем матрицу Кирхгофа согласно приведенному алгоритму, заменив первую строку (строка может быть в принципе любой, просто замена первой строки удобнее) на строку $\{1; 0; 0; 0; 0\}$. Определитель преобразованной матрицы Киргофа K^{-1} будет равен - $\det(K^{-1}) = 2958$.

Таблица 6.12 – Матрица Кирхгофа

	I	II	III	IV	V
I	10	–2	–1	–4	–2
II	–1	6	–2	–4	–3
III	–2	–1	10	–1	–2
IV	–4	–2	–3	12	–1
V	–3	–1	–4	–3	8

Нахождение обратной матрицы от K^{-1} приводит к следующей матрице (Таблица 6.13)

Определитель обратной матрицы будет равен:

$$\det(K^{*-1}) = 0,000338.$$

Таблица 6.13 – Обратная матрица

	I	II	III	IV	V
I	1	-3,469E-18	-3,1225E-17	-6,938E-18	-2,7756E-17
II	1,620351589	0,266396214	0,158553076	0,141311697	0,157200811
III	0,70250169	0,049357674	0,14739689	0,043948614	0,060851927
IV	0,884043272	0,063556457	0,073360379	0,125084517	0,057809331
V	1,260311021	0,081812035	0,121027721	0,086544963	0,196754564

Разделив первый столбец обратной матрицы на величину определителя, получим следующие значения рейтинга экспертов:

I эксперт – 2958; II эксперт – 4793; III эксперт – 2078;

IV эксперт – 2615; V эксперт – 3728.

Но учитывая, что полученные значения потенциалов достаточно значительные, можно упростить данные выражения, приведя их к одному основанию. В качестве такого основания выбирается самый маленький потенциал, и все остальные значения делятся на эту величину.

При этом получим:

I эксперт – 1,423; II эксперт – 2,307; III эксперт – 1;

IV эксперт – 1,258; V эксперт – 1,794.

Такая операция вполне правомерна, так как нам не надо знать точное абсолютное значение оценки, полученной экспертом. Важно чтобы при преобразованиях сохранилась пропорция между оценками экспертов, то есть что бы мнение второго эксперта было в 2,307 раз значимее третьего и т.д.

Таким образом, по значению потенциала, который в данном случае будет характеризовать значимость каждого эксперта, можно сказать, что в порядке убывания авторитетности экспертов можно расположить следующим образом:

$$\text{II} (4793/2,307) \rightarrow \text{V} (3728/1,794) \rightarrow \text{I} (2958/1,423) \rightarrow \\ \text{IV} (2615/1,258) \rightarrow \text{III} (2078/1).$$

Таким образом, компетентность экспертов можно оценить достаточно точно, причем именно для конкретной ситуации с учетом мнения всего экспертного сообщества.

Теперь рассмотрим случай, когда имеются сведения о начальном рейтинге каждого из экспертов. Первым побуждением будет являться переход от однородной системы уравнений (6.8) к неоднородной системе уравнений вида (6.7), где в качестве правых частей уравнения берется первоначальная рейтинговая оценка экспертов. Казалось бы, это позволяет перейти к неоднородной системе уравнений с вырожденной матрицей. Но если вспомнить основные свойства линейной системы уравнений, то можно сформулировать следующее утверждение.

Утверждение 6.3. Использование неоднородной системы уравнений вида (6.7), где в качестве правых частей уравнения принимается первоначальный рейтинг каждого эксперта, не изменяет пропорций между рейтинговыми оценками экспертов.

Справедливость утверждения следует из свойств линейных систем уравнений, согласно которым изменение вектора правых частей системы осуществляет только параллельный перенос в заданной системе координат. Это означает, что соотношения между оценками экспертов не изменяется, а варьироваться будут только их абсолютные значения.

Это утверждение свидетельствует о том, что наличие правых частей в уравнении, описывающем взаимодействие экспертов, не будет влиять на место экс-

перта в списке компетентности экспертов, то есть если мнение i -го эксперта было важнее j -го в три раза, то и при любых значениях правых частей это соотношение сохранится.

Это позволяет нам сформулировать следующее утверждение.

Утверждение 6.4. При решении задачи определения рейтинговой оценки экспертов можно использовать неоднородную систему уравнений, приняв в качестве правых частей системы уравнений произвольные значения.

Справедливость данного утверждения вытекает из того факта, что для решения задачи необходимо найти не абсолютное значение рейтинга каждого эксперта, а только соотношение между рейтингами.

Возникает закономерный вопрос о том, в что собственно говоря нам это дает? А дает это возможность перехода от однородной системы уравнений к неоднородной. Как видно из сказанного выше, для решения однородной задачи необходимо осуществлять весьма трудоемкую задачу обращения матрицы большой размерности. Этого можно избежать, используя утверждение 6.4.

В этом случае получаем вырожденную неоднородную систему алгебраических уравнений, так как определитель матрицы будет равен нулю. Для решения таких систем уравнений предлагается использовать метод регуляризации Тихонова (6.8, 6.15). Согласно этому методу осуществляем замену исходной вырожденной неоднородной системы уравнений на регуляризованную систему уравнений. Если представить систему (6.7) в матричном виде

$$KQ = \Phi, \quad (6.10)$$

где Q – вектор, характеризующий компетентность экспертов; Φ – вектор правых частей системы уравнений (6.7), задается произвольно.

Данная система уравнений является вырожденной, так как имеет определитель равный нулю. Для решения такой задачи используется метод регуляризации Тихонова, согласно которому исходная задача заменяется на выражение, в которое входит неизвестный пока параметр регуляризации. В этом случае система уравнений преобразуется к виду

$$(K + \lambda I)Q = \Phi, \quad (6.11)$$

где I – единичная матрица; λ – параметр регуляризации.

Для использования этого подхода необходимо только определиться со способами построения матрицы Кирхгофа K , вектора правых частей Φ и выборе параметра регуляризации λ .

Построение матрицы Кирхгофа для случая, когда начальные значения рейтингов экспертов отсутствуют, осуществляется на основе формулы (6.9). А в том случае, когда известны начальные рейтинги экспертов, то построение осуществляется путем учета начального рейтинга при составлении матрицы смежности, то есть к текущей матрице смежности, сложившейся в данной задаче, прибавляются значения, характеризующие первоначальный рейтинг экспертов, полученный ранее, на предыдущих этапах решения. Таким образом, формирование матрицы Кирхгофа будет осуществляться по следующей формуле:

$$K = D - (C + Q^*). \quad (6.12)$$

где Q^* – вектор значений начального рейтинга экспертов.

Как уже упоминалось, значения свободных членов можно принимать произвольными, так как при решении важно сохранить не абсолютные значения рейтингов, а только соотношения между ними. А это будет обеспечено при любых значениях правых частей системы уравнений.

Согласно теореме Тихонова (6.15-6.16), решение системы (6.7) эквивалентно минимизации функционала Тихонова, который можно записать в следующем виде:

$$F(Q, C, \Phi) = \|CQ - \Phi\|^2 + \lambda \|Q\|^2 \rightarrow \min \quad (6.13)$$

Классический метод решения данной задачи сводится к задаче безусловной оптимизации относительно неизвестных $Q^T = \{q_1, q_2, \dots, q_k, \dots, q_n\}$ и λ . Как мы видим минимизация функционала (6.13) дает возможность определить и минимально возможное значение возмущающего параметра λ . Но данный способ достаточно трудоемкий, так как связан с необходимостью нахождения первых производных и решением системы алгебраических уравнений большой размерности. Поэтому предлагается алгоритм решения исходной задачи, основанный на идее последовательных приближений.

Предварительный шаг. Задаем значение регуляризирующего параметра λ и вектор правых частей $\Phi^T = \{ \lambda, 0, \dots, 0 \}$. Для удобства эти значения могут совпадать, но это не обязательно. Осуществляем численное решение задачи (6.11) при выбранных значениях регуляризирующего параметра λ и находим соотношение между рейтингами экспертов. Для этого достаточно все рейтинги разделить или на минимальное значение рейтинга, или на максимальное.

1 шаг. Изменяем значение регуляризирующего параметра λ и повторяем решение задачи (6.11). Находим соотношение между рейтингами экспертов.

2 шаг. Осуществляем сравнение полученного решения с решением, полученным на предыдущем шаге. Но сравниваем не абсолютные значения рейтингов, а их соотношение друг с другом, то есть сравниваем изменились ли пропорции между отдельными решениями. Если имеет место изменение, которое не может быть принято по условиям задачи, то возвращаются к 1 шагу. Если же изменение будет являться приемлемым или же отсутствовать вообще, то алгоритм завершается.

Рассмотрим пример применения данного алгоритма. Необходимо определить рейтинговую оценку пяти экспертов, для которых с учетом их прошлых рейтингов матрица Кирхгофа, построенная по формуле (6.12) будет иметь следующий вид.

Зададимся значением регуляризирующего параметра $\lambda = 10$ и выполним решение исходной задачи. При этом матрица регуляризированной задачи будет отличаться от исходной только диагональными элементами, которые будут принимать значение $c_{ii}^p = c_{ii} + \lambda$, где $i = 1, 2, \dots, n$. Решения, полученные на каждом из шагов, будем заносить в Таблицу 6.14.

Таблица 6.14 – Матрица Кирхгофа с учетом первоначального рейтинга экспертов

	I	II	III	IV	V
I	13	-5	-7	-2	-3
II	-6	14	-1	-8	-4
III	-2	-3	12	-5	-2
IV	-1	-4	-3	20	-2
V	-4	-2	-1	-5	11

Анализируя Таблицу 6.15 можно прийти к заключению, что в данной задаче параметр регуляризации $\lambda = 0,01$ обеспечивает вполне приемлемую точность и максимальная ошибка в определении параметров составляет 2,13%, что является вполне приемлемой точностью.

Таблица 6.15 – Решения исходной задачи при различных значениях параметра регуляризации λ (ошибка - %)

Параметр λ	$\lambda = 10$		$\lambda = 1$		$\lambda = 0,1$		$\lambda = 0,01$		$\lambda = 0,001$	
Эксперты	рей- тинг	Оши- бка	рей- тинг	Ошиб- ка	рей- тинг	Ошиб- ка	рей- тинг	Оши- бка	рей- тинг	Оши- бка
I эксперт	8,74	—	2,91	200,34	2,4	21,25	2,35	2,13	2,34	1,00
II эксперт	2,96	—	2,32	27,59	2,24	3,57	2,23	0,45	2,23	0,00
III эксперт	1,63	—	1,66	1,81	1,67	0,60	1,67	0,00	1,67	0,00
IV эксперт	1	—	1	0,00	1	0,00	1	0,00	1	0,00
V эксперт	2,26	—	1,91	18,32	1,87	2,14	1,87	0,00	1,86	1,00

Надо сказать, что в задачах данного типа требования к точности решения достаточно щадящие. Объясняется это тем, что очень сложно сказать, чем же будет отличаться специалист, имеющий рейтинг 2,35 от специалиста, чья компетентность оценивается рейтингом 2,23. Скорее всего это почти идентичные с точки зрения компетентности специалисты.

Таким образом, рассмотрена 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.

При изучении поведения человека в социальных сетях, когда интернет-сообщество формирует коллективное мнение участников некоего форума, имеются алгоритмы, предложенные в (6.1, 6.4, 6.13, 6.17-6.21), но в этих алгоритмах, как правило, степень влияния каждого участника принимается достаточно произвольно, считается заданной.

6.4 Оценка неразложимого остатка на степень влияния каждой переменной при факторном анализе

В экономических исследованиях и при оценке компетенции экспертов, и при оценке влияния отдельных факторов на результирующий показатель, важным аспектом является количественная оценка изучаемого явления. То есть требуется определить количественные характеристики рассматриваемого явления. Но это только начальный этап исследования. В дальнейшем необходимо выявить факторы, влияющие на анализируемое явление и количественно определить степень влияния каждого из факторов на результирующий признак. Это помогает выявить основные тенденции, развития изучаемого социально-экономического явления и может быть полезно для понимания причинно-следственных связей между переменными и прогнозирования будущих результатов.

Комплекс методов, направленный на решение таких задач получил обобщенное название – факторный анализ. Применение факторного анализа в экономических исследованиях может привести к следующим результатам:

- повышение точности и надёжности прогнозов;
- выявление резервов для повышения эффективности деятельности;
- снижение рисков и неопределённости;
- способствует генерации обоснованных управленческих решений;
- позволяет осуществить оценку эффективности деятельности объекта исследования;
- экстраполяции показателей, описывающих изучаемую систему;

- модернизация операционной деятельности;
- выполнить диагностику возникающих рисков.

Данный метод является простым и мощным инструментом при исследовании социально-экономических процессов и явлений, а также социологических, психологических и других исследованиях. Он позволяет получить более полное и точное представление об изучаемых явлениях и процессах, выявить скрытые закономерности и тенденции, которые могут быть не очевидны при визуальном анализе данных.

В ходе проведения исследований используются различные методы, выбор которых зависит от конкретной задачи и набора данных, привлекаемых для решения, стоящей перед исследователем задачи.

При этом общая схема исследования с применением методов факторного анализа содержит следующие этапы:

- сбор данных и подготовка их к анализу;
- выбор факторов, которые будут включены в анализ;
- выбор метода факторного анализа;
- проведение факторного анализа и интерпретация результатов;
- использование результатов факторного анализа для принятия решений или прогнозирования.

Количественная оценка влияния каждой переменной на результат с помощью математических методов может быть выполнена с использованием различных подходов и инструментов. Вот некоторые из них:

1. Регрессионный анализ. Этот метод позволяет оценить влияние одной или нескольких независимых переменных на зависимую переменную. Регрессионный анализ может быть линейным или нелинейным в зависимости от характера взаимосвязи между переменными.

2. Корреляционный анализ. Данный метод используется для нахождения тесноты связи между переменными, характеризующими изучаемый процесс или

явление. Корреляционный анализ может помочь выявить, какие переменные оказывают наибольшее влияние на результат.

3. Дисперсионный анализ. Этот метод используется для сравнения средних значений нескольких групп данных. Дисперсионный анализ может помочь определить, какие переменные оказывают существенное влияние на результат.

4. Анализ временных рядов. Этот метод используется для анализа данных, собранных в течение времени. Анализ временных рядов может помочь выявить тенденции и закономерности, которые могут влиять на результат.

5. Метод главных компонент – используется для выявления скрытых факторов, но он отличается от факторного анализа тем, что он использует математические методы для определения наиболее значимых факторов. Исходные данные представляются в виде матрицы, где строки – это наблюдения, а столбцы – переменные. Затем вычисляется корреляционная матрица, которая показывает степень взаимосвязи между переменными. Далее находится собственный вектор корреляционной матрицы, соответствующий максимальному собственному значению. Этот вектор представляет собой первую главную компоненту, которая объясняет наибольшую долю дисперсии данных.

Процесс повторяется для оставшихся собственных векторов, пока не будет объяснена заданная доля дисперсии.

В результате получается набор главных компонент, которые представляют собой линейные комбинации исходных переменных. Эти компоненты объясняют наибольшую долю дисперсии данных и могут быть использованы для анализа и прогнозирования.

Этот метод широко используется в различных областях, таких как статистика, машинное обучение, анализ данных и другие. Он позволяет упростить анализ данных, выявить скрытые закономерности и сократить размерность данных без потери информации.

Сущность подхода сводится к тому, чтобы найти проекции заданных векторов на подпространство ортогональных векторов, в которых дисперсия будет

наибольшей. Система этих векторов называется главными компонентами, и они задают градиент исходных данных.

Применяется во многих областях, например:

В психологии – для выявления глубинных психологических характеристик личности на основе наблюдаемых признаков.

В социологии – для анализа общественного мнения и социальных тенденций.

В экономике – для прогнозирования финансовых показателей и анализа рынка.

В медицине – для диагностики заболеваний и анализа медицинских данных.

В технике – для оптимизации параметров технических систем и анализа результатов экспериментов.

Задачи, в которых применяется метод главных компонент:

Снижение размерности данных. Метод главных компонент позволяет уменьшить количество переменных в наборе данных, сохраняя при этом большую часть информации. Это может быть полезно при работе с большими объёмами данных или при необходимости упростить анализ.

Выявление скрытых закономерностей. Метод главных компонент может помочь выявить скрытые зависимости между переменными, которые могут быть не очевидны при визуальном анализе. Это может привести к более глубокому пониманию данных и более точным прогнозам.

Визуализация данных. Метод главных компонент можно использовать для создания графиков и диаграмм, которые наглядно показывают основные тенденции в данных. Это может помочь в интерпретации результатов и принятии решений.

Фильтрация шума. Метод главных компонент может использоваться для фильтрации шума в данных, что может улучшить качество анализа и прогнозирования.

Прогнозирование. Метод главных компонент может быть использован для построения моделей прогнозирования на основе исторических данных. Это может быть полезно в различных областях, таких как финансы, экономика и маркетинг.

Применение метода главных компонент для прогнозирования финансовых показателей и анализа рынка может включать следующие шаги:

Сбор данных о финансовых показателях и рыночных условиях, которые вы хотите использовать для прогнозирования. Это могут быть данные о ценах акций, процентных ставках, ВВП, инфляции и других показателях.

Определение модели, которая может описывать взаимосвязь между финансовыми показателями и рыночными условиями. Это может быть линейная, нелинейная, регрессионная или другая модель.

Применение метода главных компонент для уменьшения размерности данных и выявления скрытых закономерностей.

Построение модели прогнозирования на основе полученных данных.

Анализ результатов прогнозирования и определение тенденций и закономерностей на рынке.

Этот метод позволяет получить более точные и надёжные результаты, чем другие методы.

6. Метод максимального правдоподобия – это один из статистических методов, который используется при факторном анализе. Он позволяет оценить параметры модели на основе данных и максимизировать вероятность получения именно этих данных при заданных параметрах. Выбирается функция правдоподобия, которая представляет собой вероятность получения наблюдаемых данных при заданных значениях параметров.

Затем параметры модели подбираются таким образом, чтобы функция правдоподобия достигала максимума.

В результате получается оценка параметров модели, которая считается наиболее правдоподобной при данных условиях.

Метод максимального правдоподобия широко используется в различных областях, таких как статистика, эконометрика, машинное обучение и другие. Он позволяет получить более точные и надёжные результаты, чем другие методы.

Однако метод максимального правдоподобия требует определённых предположений о распределении данных и может быть сложным для реализации.

Задачи, в которых применяется метод максимального правдоподобия:

- оценка параметров модели, процедура, позволяющая получить оценки параметров модели, которые считаются наиболее правдоподобными при данных условиях, что может быть использовано при построении моделей и прогнозировании;
- при проверке гипотез метод дает возможность проверить правильность предположений о параметрах модели и, как следствие, оценить степень соответствия исходным данным;
- позволяет осуществить выбор модели, которая наилучшим образом описывает данные, что может быть использовано при сравнении различных моделей и выборе наиболее приемлемой;
- может быть использован для анализа временных рядов и прогнозирования будущих значений;
- данный метод применяется также для обработки данных, таких как удаление выбросов или сглаживание, что позволяет выявить тренд явления и тем самым повысить качество анализа и прогнозирования.

7. Метод Монте-Карло. Этот метод используется для моделирования случайных событий и оценки их влияния на результат. Метод Монте-Карло может помочь учесть неопределённость и риск при оценке влияния переменных.

Основной недостаток большинства перечисленных методов – необходимость привлечения значительного по объёму статистического материала. Исключение, по всей видимости, составляет только методы факторного анализа, которые позволяют решить задачу при достаточно небольших объёмах статистического материала.

8. Факторный анализ – используется для выявления скрытых факторов, которые могут влиять на результат. Факторный анализ может помочь упростить данные и выявить основные факторы, которые оказывают наибольшее влияние.

Выбор конкретного метода зависит от характера данных, целей исследования и доступных ресурсов.

Метод цепных подстановок (МЦП) как правило, применяется с целью определения степени влияния отдельных факторов на результативный показатель, путем последовательного вычитания результатов первого шага расчетов из результатов второго и т.д.

В ходе использования данного метода необходимо обеспечить выполнения установленных правил расчета: в первую очередь определяется степень влияния количественных показателей, а потом – качественных. К качественным относятся, например, выработка, производительность труда, цена.

На базе метода цепных подстановок был спроектирован способ исчисления абсолютных разниц, который применяется при факторном анализе в мультипликативных и мультипликативно-аддитивных моделях. В основу этого метода положена все та же идея последовательного вычисления разниц между результирующим показателем при изменении одного фактора в том случае, когда остальные остаются неизменными.

К главным недостаткам этого метода следует отнести невыполнение переместительного (коммуникативного) закона умножения. Так как в этом случае рассматриваются мультипликативные модели, то оказывается результат вычислений будет зависеть от того места, на которое поставлен данный фактор в модели. Объяснение этому является появление неразложимого остатка, который описывает влияние неучтенных в модели факторов. Данный остаток присоединяется к члену, который в модели будет стоять на последнем месте.

Порядок применения способа:

1. Вычисляют абсолютное изменение результативного показателя по формуле:

$$\Delta y = y_i - y_0,$$

где y_i – значение результативного показателя за отчётный период, y_0 – значение этого же показателя за базисный период.

2. Находят изменение результативного показателя за счёт каждого фактора:

$$\Delta y_i = \Delta x_i \times y_0,$$

где Δx_i – абсолютное изменение i -го фактора.

3. Устанавливают общее изменение результативного показателя:

$$\Delta y = \sum \Delta y_i.$$

Данные способ расчета дает возможность количественно определить степень влияние каждого из факторов, включенных в модель, на вариацию величины результативного показателя.

Вполне понятно, что описанный выше способ дает возможность установить основных участников проекта по вкладу, который они вносят в проект.

Например, можно использовать этот метод для оценки вклада каждого участника проекта в достижение определённых целей или результатов проекта. Это может помочь определить наиболее активных и эффективных участников проекта, а также выявить возможные проблемы или недочёты в работе отдельных участников.

Однако применение метода исчисления абсолютных разниц требует наличия данных о вкладе каждого участника в проект и о результатах проекта. Также необходимо учитывать, что этот метод не учитывает взаимодействие между участниками проекта и их взаимное влияние друг на друга.

Рассмотрим более подробно применение данного метода, сущность которого заключается в следующем:

во-первых, согласно условию задачи, выбирается общий индекс результативного показателя и индексы факторов, включенных в модель;

во-вторых, определяется связь между общим индексом результативного показателя и индексами отдельных факторов;

в-третьих, разрабатывается алгоритм, позволяющий определить влияние каждого из факторов на изменение результативного показателя.

Применение данного подхода удобнее всего рассмотреть на конкретном примере. Допустим, имеется информация о выручке от продаж в торговой точке за два аналогичных периода времени. В качестве факторов, влияющих на объем выручки, принимаются количество проданного товара в натуральном выражении и цена за единицу товара. То есть рассмотрим двухфакторную модель.

Для дальнейшего решения необходимо вычислить общие индексы результативного показателя и факторов, включенных в модель:

Выручка в базисном периоде:

$$B_0 = \sum_{i=1}^n q_0 \times p_0 \quad (6.14)$$

выручка в текущем (отчетном) периоде:

$$B_1 = \sum_{i=1}^n q_1 \times p_1 \quad (6.15)$$

Индекс физического объема продукции:

$$I_q = \frac{\sum_{i=1}^n q_1 p_0}{\sum_{i=1}^n q_0 p_0} \quad (6.16)$$

Индекс цен по форме Пааше

$$I_p = \frac{\sum_{i=1}^n p_1 q_1}{\sum_{i=1}^n p_0 q_1} \quad (6.17)$$

Индекс товарооборота или выручки

$$I_{pq} = \frac{\sum_{i=1}^n p_1 q_1}{\sum_{i=1}^n p_0 q_0} \quad (6.18)$$

где n – количество товаров или видов продукции; предполагается, что оно будет одинаково и в текущем, и в базисном периодах; если это не так, то надо привести к одинаковому числу за счет введения товаров с нулевым объемом производства.

Суммирование везде ведется по виду товара или продукции.

Для того чтобы выяснить изменение выручки (товарооборота) B за счет изменения объема производства q необходимо использовать индекс физического объема продукции, который определяется выражением вида (6.13) и показывает во сколько раз изменился объем производимой продукции в том случае, если цены остались такие же как в базисном периоде.

Для того чтобы определить в абсолютных цифрах это изменение требуется найти разность

$$\Delta B(q) = \sum_{i=1}^n q_1 p_0 - \sum_{i=1}^n q_0 p_0 \quad (6.19)$$

Полученное выражение можно преобразовать к виду:

$$\begin{aligned} \Delta B(q) &= \sum_{i=1}^n q_1 p_0 - \sum_{i=1}^n q_0 p_0 = \frac{\sum_{i=1}^n q_1 p_0}{\sum_{i=1}^n q_0 p_0} \times \sum_{i=1}^n q_0 p_0 - \sum_{i=1}^n q_0 p_0 = I_q \times B_0 - B_0 \\ &= (I_q - 1) \times B_0 \end{aligned} \quad (6.20)$$

Таким образом, получили, что влияние на выручку B изменения количества проданного или произведенного товара q будет определяться формулой:

$$\Delta B(q) = (I_q - 1) \times B_0 \quad (6.21)$$

Теперь определим влияние на выручку B изменения цен p на реализованный или произведенный продукт. Ответ на этот вопрос дает индекс цен в форме Пааше (6.14). В абсолютном выражении в этом случае нам необходимо вычислить разность между числителем и знаменателем индекса цен Пааше

$$\begin{aligned} \Delta B(p) &= \sum_{i=1}^n q_1 p_1 - \sum_{i=1}^n q_1 p_0 = \left(\frac{\sum_{i=1}^n q_1 p_1}{\sum_{i=1}^n q_1 p_0} - 1 \right) \times \sum_{i=1}^n q_1 p_0 = \\ &= (I_q \times I_p - I_q) \times B_0 \end{aligned} \quad (6.22)$$

Достоинство индексного метода состоит в том, что изменение результативного показателя раскладывается по факторам без остатка. Кроме того, в данном случае степень влияния фактора на результативный признак точно выражается через известные индексы: физического объема и цен, что дает возможность избежать произвола при выборе периодов, к которым следует отнести изучаемые величины. Например, когда мы определяем влияние объема произведенной продукции на выручку, рассматриваем разность числителя и знаменателя индекса, при этом соизмерители относятся к базисному периоду. Это задается правилами построения общего индекса физического объема продукции. Но это является не обязательным. Ведь можно рассматривать и другой период – текущий, то есть рас-

смаатривать все данные, приведенные к текущему периоду. Возможно, такая необходимость может возникать, когда речь будет идти об упущенной выгоде.

В целом этому методу свойственен серьезный недостаток – элемент субъективизма. Он заключается в произвольном определении порядка расположения факторов в цепочке сомножителей.

Рассмотренный выше алгоритм соответствует только одному варианту расположения факторов, т.е.

$$B=q \times p. \quad (6.23)$$

С позиций математики равноправным является и другой вариант расположения факторов, т.е.

$$B=p \times q. \quad (6.24)$$

Однако второму варианту расположения факторов соответствуют другой алгоритм и другие результаты расчетов.

1) влияние на выручку изменения цены единицы товара:

$$B(p) = (I_p - 1) \times B_0 \quad (6.25)$$

2) влияние на выручку изменения количества проданного товара:

$$\Delta B(q) = (I_p \times I_q - I_p) \times B_0 \quad (6.26)$$

Как представлено в выводе, все вычисления проводятся относительно изучаемого параметра B , отнесенного к базисному периоду, то есть все значения выражаются через величину B_0 . Вполне понятно, что это не является стандартной процедурой и все расчеты можно выполнить относительно изучаемой величины B_1 , отнесенной к текущему периоду. Тогда получим:

$$\begin{aligned} \Delta B(q) &= \sum_{i=1}^n q_1 p_1 - \sum_{i=1}^n q_0 p_1 = \sum_{i=1}^n q_1 p_1 \times \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n q_0 p_1}{\sum_{i=1}^n q_1 p_1}\right) = \frac{B_1(I_q - 1)}{I_q}. \\ \Delta B(p) &= \sum_{i=1}^n q_0 p_1 - \sum_{i=1}^n q_0 p_0 = \sum_{i=1}^n q_1 p_1 \times \left(\frac{\sum_{i=1}^n q_0 p_1}{\sum_{i=1}^n q_1 p_1} - \frac{\sum_{i=1}^n q_0 p_0}{\sum_{i=1}^n q_1 p_1}\right) = \\ &= B_1 \left(\frac{1}{I_q} - \frac{1}{I_q I_p}\right) = \frac{B_1(I_p - 1)}{I_q I_p}. \end{aligned} \quad (6.28)$$

Если выполнить расчеты по этим двум алгоритмам по одним и тем же данным, то результаты расчетов влияния факторов по двум вариантам совпадать **не будут**. Причиной несовпадения является «неразложенный остаток».

«Неразложимый остаток» объясняется тем, что рассматриваемая модель не полностью учитывает все факторы, влияющие на изучаемое явление, а поэтому вариация признака не будет определяться только рассматриваемыми факторами, то есть останется какая-то часть нераспределенная между факторами. Вот в первом варианте она «присоединится» к фактору «изменение цены единицы товара», во втором – к фактору «изменение количества проданного товара».

С увеличением числа факторов-сомножителей резко возрастает количество равноправных вариантов расчетов, так как увеличивается число возможных перестановок факторов. Например, число перестановок из трех по три равно шести, из четырех по четыре – 24, а из пяти по пять – 120.

Для обоснования правильности только одного из многих вариантов экономисты вывели следующее правило индексного метода факторного анализа. Все факторы можно разделить на две группы:

- 1) количественные (первичные, или экстенсивные);
- 2) качественные (вторичные, или интенсивные).

При расстановке факторов в модели исходят из следующего: на первое место ставится количественный фактор, на второе – качественный. В соответствии с этим положением следует признать правильным первый из рассмотренных нами алгоритмов. Вместе с тем необходимо помнить, что данное правило субъективно.

Таким образом, вариантов расчета степени влияния факторов на результирующий показатель достаточно много и выбор способа расчета зависит от целей исследования. При этом следует отметить, что количество вариантов, рассматриваемых возможных перестановок факторов можно уменьшить за счет агрегирования некоторых факторов. Важно только четко обосновать экономический смысл такого агрегированного показателя.

В частности, невыполнение в данном случае переместительного (коммуникативного) закона умножения позволяет выделить величину неразложимого остатка Δ .

$$\begin{aligned}\Delta &= (I_q \times I_p - I_q) \times B_0 - (I_p - 1) \times B_0 \\ \Delta &= (I_p \times I_q - I_p - I_q + 1) \times B_0 = (I_{qp} - I_p - I_q + 1) \times B_0\end{aligned}\quad (6.29)$$

Исходя из рассмотренного примера, можно сформулировать следующие два утверждения.

Утверждение 1. В ходе проведения факторного анализа имеется инвариантная константа, не зависящая от способа расчета, равная разности величин изучаемого результативного признака в текущем и базисном периодах, то есть общее изменение изучаемого признака за рассматриваемый период под воздействием всех факторов.

Утверждение 2. Величина неразложимого остатка может быть определена как разность данных, полученных в двух формах расчета, между значениями показателя в мультипликативной модели, где этот показатель стоит на последнем месте, и по другому способу расчета, где этот же фактор поставлен на первое место.

Итак, следует сказать, что действительно, нет твердых обоснований того, что необходимо расставлять факторы внутри модели вполне определенным образом, как рекомендуется. Но даже эти рекомендации далеко не всегда можно выполнить. Так как не всегда модель содержит количественные факторы, возможны случаи, когда в модель входят только качественные параметры. Ярким примером этого служит трехфакторная модель производительности труда, когда выработка считается как произведение трех факторных признаков: фондоотдачи, механовооруженности и доли рабочих в общей численности персонала предприятия. То есть мультипликативная модель производительности труда может быть записана в следующем виде

$$w = \frac{Q}{\bar{\Phi}} \times \frac{\bar{\Phi}}{T_p} \times \frac{T_p}{T}, \quad (6.30)$$

где w – средняя выработка, приходящаяся на одного работника или производительность труда; Q – объем произведенной продукции в стоимостном выражении; $\bar{\Phi}$ – среднегодовая стоимость производственных фондов, участвующих в производстве продукции; T_p – среднегодовая численность рабочих; T – среднегодовая численность работников предприятия.

Если обозначить:

$$f = \frac{Q}{\bar{\Phi}}; \omega = \frac{\bar{\Phi}}{T_p}; d = \frac{T_p}{T}, \quad (6.31)$$

Тогда модель может быть записана в следующем виде

$$w = f \times \omega \times d. \quad (6.32)$$

В данном случае все факторы, входящие в модель качественные и какой признак ставить на первое место – непонятно. Если рассматривать модель в традиционной постановке, как записано выше, то доля каждого фактора в абсолютном приросте производительности труда составит

$$\begin{aligned} \Delta w(f) &= (I_f - 1) \times w_0 \\ \Delta w(\omega) &= (I_f \times I_\omega - I_f) \times w_0 \\ \Delta w(d) &= (I_f \times I_\omega \times I_d - I_f \times I_\omega) \times w_0 \end{aligned} \quad (6.33)$$

В данном случае доля прироста производительности труда за счет изменения доли рабочих в численности персонала предприятия будет завышенной, так как в ее состав войдет еще и неразложимый остаток, появляющийся за счет того, что в модели учтены не все факторы, влияющие на величину производительности труда. Для того, чтобы определить величину этого остатка изменим способ расчета, поставив на первое место фактор d , а фактор f – на последнее. То есть возьмем модель вида

$$w = d \times \omega \times f. \quad (6.34)$$

Тогда абсолютный прирост производительности труда за счет каждого из факторов будет определяться из следующих соотношений:

$$\begin{aligned} \Delta w(d) &= (I_d - 1) \times w_0, \\ \Delta w(w) &= (I_d \times I_w - I_d) \times w_0, \\ \Delta w(f) &= (I_d \times I_w \times I_f - I_d \times I_w) \times w_0. \end{aligned} \quad (6.35)$$

А доля неразложимого остатка будет определяться выражением вида

$$\Delta = (I_d \times I_w \times I_f - I_d \times I_w - I_f + 1) \times w_0. \quad (6.36)$$

Общее изменение средней выработки можно записать в следующем виде

$$\Delta w = \Delta w(f) + \Delta w(\omega) + \Delta w(d) + \Delta. \quad (6.37)$$

В процессе использования данной модели возникает закономерный вопрос о том, что в трехфакторной модели меняются местами первый и последний показатели, а второй остается на своем месте. Естественно возможно и другое представление. Таким образом, однозначность представления соблюдаться не будет. Но это можно исправить, перейдя к двухфакторной модели, где расположение критериев будет однозначным. Это может быть достигнуто за счет агрегирования факторов. Вполне понятно, что для агрегирования необходимо выбирать показатели таким образом, чтобы агрегированный фактор имел некоторое экономическое содержание.

Например, для рассматриваемого случая экономически обоснованным будет являться агрегирование показателя фондоотдачи f и механовооруженности рабочих ω_p , который можно представить, как

$$w_p = \frac{Q}{\bar{\Phi}} \times \frac{\bar{\Phi}}{T_p}. \quad (6.38)$$

Нетрудно заметить, что это будет показатель средней выработки рабочих предприятия.

Таким образом, модель (6.38) трансформируется к виду

$$w = w_p \times d. \quad (6.39)$$

То есть получили обычную двухфакторную модель производительности труда, зависящую от двух факторов: средней выработки рабочих и доли рабочих в общей численности работников предприятия.

В данном случае наиболее целесообразно показатель, стоящий на последнем месте, в исходной модели не подвергать агрегированию, так как именно на него приходится неразложимый остаток, который мы хотя определить. В данном случае это доля рабочих в общей численности персонала предприятия, то есть d .

6.5 Модели теории графов, как инструмент моделирования организационных систем

В современном мире социальные и экономические системы становятся всё более сложными и взаимосвязанными. Для эффективного управления такими системами необходимо использовать передовые методы и подходы. Одним из таких подходов является применение моделей и методов теории графов [14, 15, 151].

Проанализируем перспективы, демонстрируемые этим направлением применительно к задачам управления социальными и экономическими системами. Перспективность данной темы обусловлена необходимостью поиска новых методов и подходов к управлению сложными системами, которые могут обеспечить более конкурентоспособное и резистентное развитие. Использование моделей и методов теории графов дает возможность установить основополагающие составные части системы, оказывающие максимальное влияние на её работоспособность, и на базе этого спроектировать более эффективные стратегии управления.

Кластер задач, в которых может быть использованы преимущества теории графов профилируется композицией постановок задач, получивших название как задача о наименьшем покрытии (ЗНП) [14, 15, 151]. В состав пула таких постановок входят: поиск наибольшего независимого множества вершин, поиск наибольшего паросочетания (наибольшее независимое множество рёбер), поиск наибольшего доминирующего множества вершин и рёбер, задача о клике. Возможная корреляция вышеназванных задач с другими проблемами теории графов, приведена на Рисунке 6.2 [12].

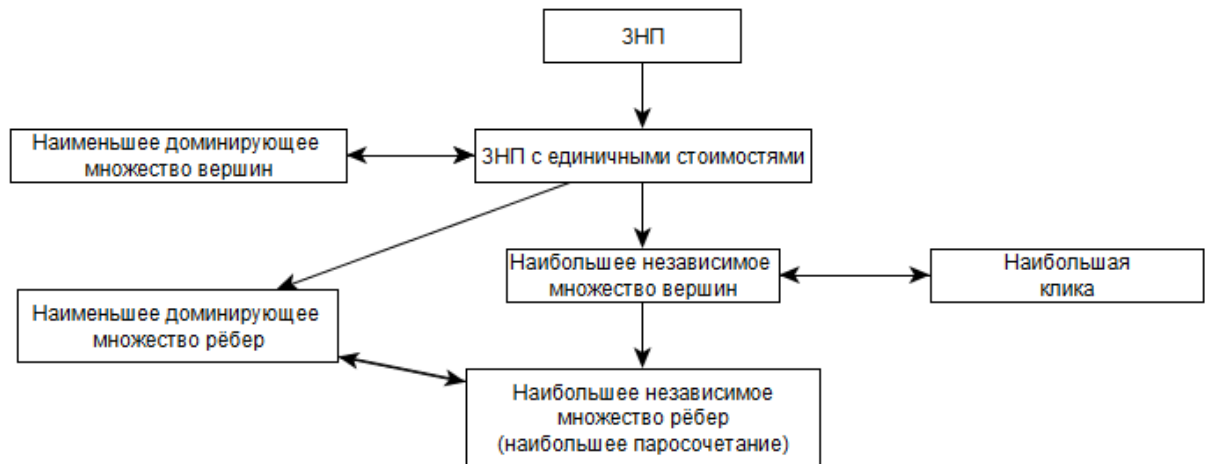


Рисунок 6.2 – Взаимосвязь между задачами теории графов

Независимым множеством вершин графа называется любое множество попарно не смежных вершин, т.е. *множество вершин*, порождающее пустой *подграф*. Независимое множество называется *максимальным*, если оно не является собственным подмножеством другого независимого *множества*, и *наибольшим*, если оно содержит наибольшее количество вершин. Задача о независимом множестве состоит в нахождении наибольшего независимого *множества* [14, 15, 151].

Кликом графа называется множество вершин, порождающее полный *подграф*, т.е. *множество вершин*, каждые две из которых смежны. То есть клика является полным графом внутри исходного графа.

Паросочетание – это набор рёбер в двудольном графе, в котором ни одно ребро не имеет общей вершины с другим ребром. Наибольшее паросочетание — это паросочетание максимального размера [14, 15, 151].

Вершинное покрытие графа – это такое *множество вершин*, что каждое *ребро* графа инцидентно хотя бы одной из этих вершин [14, 15, 151].

Следовательно, указанные задачи имеют между собой алгоритмическую связь, то есть на базе алгоритмов решения одной из них можно получить решение и для остальных типов задач, как показано на рис. 1. Важность этого обстоятельства заключается в том, что эти задачи относятся к NP-полным для решения, ко-

торых пока отсутствуют действенные алгоритмы [6, 7, 9, 143]. Тем не менее, проектирование алгоритмов для подобных задач остается до сих пор востребованным, что объясняется их практической востребованностью.

Обсудим потенциальные направления использования моделей и методов теории графов к проблемам управления социально-экономическими системами. При этом следует учитывать одно специфическое обстоятельство: анализируемые модели и методы тесно коррелированы между собой, что объясняется идентичностью областей применения. Это приводит к тому, что в некоторых случаях результаты могут дублироваться.

Рассмотрим возможные иллюстрации применения задачи о наибольшем независимом множестве [20, 107]:

Планирование проектов. [2, 4, 107] При управлении проектами задача о наибольшем независимом множестве позволяет установить набор задач, которые могут выполняться параллельно, так как отсутствует технологическая зависимость между работами и конфликт при использовании ресурсов. Такая постановка вопроса приводит к возможности эффективного управления проектом.

Распределение ресурсов. [3, 107] В распределении ресурсов задача о наибольшем независимом множестве позволяет найти оптимальное распределение ресурсов между различными задачами или проектами. Это помогает избежать конфликтов и обеспечить эффективное использование ресурсов. Например, при распределении ресурсов типа «мощности». Если необходимо разместить на строительной площадке несколько единиц строительной техники, например, подъемных кранов. При этом необходимо чтобы каждый подъемный кран имел свою зону обслуживания и не мешал работе других. Для того чтобы успешно решить эту задачу необходимо составить схему расположения техники в виде графа, где вершины – это возможные места расположения отдельных образцов техники, а ребра возможные области обслуживания каждой из них. Необходимо выбрать вершины попарно не соединенных ребрами. Это и есть задача о независимом множестве.

Сети связи. В сетях связи рассматриваемая задача интерпретируется как задача о размещении оборудования оператора связи с целью достижения экономии средств при выполнении требований к качеству связи. Самым простым случаем в данном примере является планирование размещения вышек мобильной связи, покрывающих некоторую область пространства.

Теория игр. Применение моделей и методов теории графов в задачах теории игр может заключаться в нахождении множества альтернативных стратегий игроков, которые при выборе будут исходить из полученного независимого множества, с целью максимизации получаемой выгоды.

Оптимизация маршрутов. Возникает при разработке оптимизации маршрутов и логистических цепочек, что дает возможность построить их так, чтобы избежать конфликтов и перегрузок.

Анализ данных. [4, 8, 107]. Задача о наибольшем независимом множестве также может быть применена для кластеризации данных. В социальных сетях данная задача может быть использована при кластеризации данных, то есть их разделения на отдельные связанные общими свойствами группы (кластеры). Выделение таких кластеров дает возможность осуществить распараллеливание процесса вычислений, когда каждый кластер обрабатывается отдельным вспомогательным сервером.

Проектирование электронных схем. Данная задачи по своей сути очень близка к задаче проектирования сетей связи.

Логистика [21, 107]. Используется при разработке стратегии распределения товаров по складам и торговым точкам. Данный подход позволяет наладить эффективную работу проектируемой логистической сети.

Понятно, что были приведены лишь небольшой массив примеров практического использования задачи о наибольшем независимом множестве, являющейся одной из фундаментальных задач теории графов, имеющей множество практических приложений в различных областях.

Другим важным классом задач теории графов является задача о клике, представляющей собой подмножество вершин графа, такое, что каждые две вер-

шины в этом множестве соединены ребром. Таким образом, требуется в заданном графе найти подмножества вершин по парно соединенных ребрами.

Приведем наиболее широко используемые варианты применения задачи о клике [20, 107]:

Социальные сети. В этом случае рассматриваемая задача применяется с целью нахождения групп людей тесно связанных друг с другом в социальной сети. Это может помочь в понимании структуры социальных связей и выявлении влиятельных людей в группе. В данном случае очень хорошо иллюстрирует особенности задачи о клике следующий пример: если Вы хотите организовать самую большую вечеринку для «своих» (то есть, чтобы на вечеринке каждый знал каждого), то Вам необходимо решить задачу о максимальной клике. Обозначьте друзей вершинами, проведите ребро между двумя вершинами, если два этих друга знакомы и решите задачу о максимальной клике.

Графы химических соединений. Для синтеза новых химических веществ очень удобно представить их молекулярную структуру в форме графа. В частности, в курсе органической химии такое представление используется уже давно, но вот задача о клике, применяемой для поиска подструктур молекул, которые могут быть особенно важными для их свойств стали использоваться относительно недавно.

Сети коммуникаций. При проектировании коммуникационных сетей задача о клике позволяет выявить группы устройств, активно взаимодействующих друг с другом, изучить трафик и определить нормальное ли количество ресурсов выделено для обслуживания этого направления.

Анализ данных. Задача о клике также может быть применена для кластеризации данных. В этом случае вершины графа представляют объекты, а рёбра указывают на сходство между ними. Если в этом графе есть клика, значит, есть такие пары узлов, которые могут быть связаны друг с другом разными путями и это при обработке данных может привести к заикливанию. В некоторых случаях это заикливание стараются избегать. Нахождение клик в таком графе позволяет выделить группы объектов с общими характеристиками.

Теория игр. В данном случае рассматриваемая возможность образования коалиций игроков с целью выработки стратегии, позволяющей максимизировать общий выигрыш коалиции

Оптимизация маршрутов [10, 11, 21, 151]. Нахождение клик позволяет спроектировать возможные маршруты перемещения товарных потоков, проходящие через заданные пункты.

Биоинформатика. В этом случае понятие о клике позволяет осуществить процесс идентификации взаимодействий между молекулами белками. В этом случае вершины графа будут ассоциироваться с молекулами белка, а рёбра описывают взаимодействия между ними. Такое моделирование дает возможность выявить коалицию белковых молекул, взаимодействующих в общих биологических процессах.

Криптография. Нахождение клики в этом случае может служить основой для разработки криптографических схем, базирующихся на трудоемкости решения поставленной проблемы.

Планирование проектов. В этом случае задача о клике позволяет формировать множество проблем, которые могут выполняться параллельно.

Маркетинг. [10, 107]. Использование понятия клики дает возможность описать структуру рынка, определить фундаментальных участников, схему их коммуникационного взаимодействия и оценить их доминирование в ходе формирования рыночной динамики.

Экономика. [1, 5, 19, 107]. В этом случае модели с использованием клик позволяют провести исследование конфигурации изучаемой экономической системы, направленной на идентификацию базовых направлений, интерпретацию их взаимосвязей и мониторинг их влияния на экономическое развитие.

Другой класса задач – это задачи о наибольшем паросочетании [14, 15, 151]. Взаимосвязь между наибольшим паросочетанием и кликой заключается в том, что наибольшее паросочетание может применяться для нахождения клик в графе. Если мы рассмотрим граф как двудольный, где одна доля представляет собой вершины, а другая – рёбра, то можно найти наибольшее паросочетание в этом графе.

Затем можно выделить все вершины, которые соответствуют рёбрам из паросочетания. Эти вершины образуют клику в исходном графе.

Следовательно, задачу о наибольшем паросочетании можно использовать как инструмент для нахождения клик в графах. Тем не менее, следует отметить, что далеко не всегда наибольшее паросочетание приводит к нахождению всех клик в графе, так как оно может не учитывать некоторые возможные комбинации вершин.

Рассмотрим возможные способы использования понятия паросочетаний в графе для решения практических задач [20, 107]:

Распределение ресурсов. [10, 11, 151]. Пусть есть несколько проектов, каждый из которых требует определённого количества ресурсов (например, людей, оборудования или материалов). Ресурсы ограничены, и каждый проект может использовать только часть доступных ресурсов. Необходимо распределить ресурсы между проектами таким образом, чтобы все проекты были выполнены максимально эффективно. Для этого можно построить двудольный граф, где вершины одной доли представляют проекты, а вершины другой доли — ресурсы. Затем можно найти максимальное паросочетание в этом графе, которое будет соответствовать оптимальному распределению ресурсов между проектами.

Планирование мероприятий. [13, 97]. В данном случае это частный случай задачи распределения ресурсов, предполагающий выполнение работ по подготовке и проведению различных общественных мероприятий типа конференций, для проведения которых в определенных временных границах требуются вполне конкретные ресурсы. Если таких мероприятий проводится достаточно много, то возникает риск возникновения конфликтов, когда одни и те же ресурсы одновременно требуются в разных местах. Эта ситуация приводит к необходимости разработки календаря мероприятий, позволяющего если и не ликвидировать конфликтные ситуации совсем, то по крайней мере их минимизировать. Достичь этого возможно используя модели и методы теории графов. В частности в данном случае уместным будет применение алгоритмов нахождения паросочетаний в двудольном графе, когда первая доля графа будет описывать перечень мероприя-

тий планируемых к проведению, а вторая – используемые ресурсы. В этом случае найденное максимальное паросочетание будет давать оптимальное расписание.

Размещение объектов. [16, 17, 107]. Данная задача может быть решена также при помощи алгоритмов теории графов как нахождение максимального паросочетания в двудольном графе. При этом все возможные ограничения могут быть учтены за счет построения исходной графовой модели. Например, запрещение на размещение каких-то типов объектов в каких-то областях. Такое ограничение традиционно вызывает затруднение в аналитическом представлении, но очень хорошо моделируется средствами теории графов. Построив граф, учитывающий исходные особенности задачи, получаем двудольный граф, где одна доля описывает предлагаемые к размещению объекты, а другая – потенциальные места размещения. Найденное максимальное паросочетание будет давать оптимальное решение исходной задачи.

Рассмотрим примерную схему применения задач теории графов как инструмента для анализа и оптимизации социальных и экономических систем, позволяющих выявить наиболее важные элементы системы, определить их взаимосвязи и оценить их влияние на общую структуру и функционирование.

Для выявления ключевых участников проекта, определения их взаимосвязей и оценки их влияния на успех проекта при помощи теории графов можно выполнить следующие шаги [20, 151]:

- Определить состав участников, привлекаемых для реализации проекта. Это могут быть люди, организации или другие участники, которые играют важную роль в проекте.
- Построить граф проекта, в котором вершины графа будут представлять участников проекта, а рёбра – связи между ними.
- Необходимо количественно оценить влияние каждого участника на успех проекта. Для этого можно использовать различные методы, например, экспертные оценки, анализ данных или моделирование.

- Выявить ключевых участников проекта. Ключевыми участниками проекта будут те, кто оказывает наибольшее влияние на успех проекта.
- Определить взаимосвязи между ключевыми участниками. Для этого нужно проанализировать граф проекта и выявить, какие участники связаны друг с другом.
- Оценить влияние ключевых участников на успех проекта.

Разработать стратегию взаимодействия с ключевыми участниками. На основе результатов анализа можно определить, как лучше всего взаимодействовать с ключевыми участниками для обеспечения успеха проекта.

Предположим, что проект состоит из следующих участников [7, 18, 143]:

Заказчик – организация, которая заказала проект. Руководитель проекта – человек, который отвечает за выполнение проекта. Команда проекта – группа людей, которые выполняют работу по проекту. Поставщики – организации, которые предоставляют материалы и услуги для проекта. Инвесторы – люди или организации, которые вкладывают деньги в проект.

Граф проекта может выглядеть следующим образом: вершины: заказчик, руководитель проекта, команда проекта, поставщики, инвесторы; рёбра: связь между заказчиком и руководителем проекта, связь между руководителем проекта и командой проекта, связь между командой проекта и поставщиками, связь между инвесторами и руководителем проекта.

Экспертное сообщество может насчитывать весьма значительное количество членов и это сказывается на размерности исходных матриц, делая высокой вычислительную сложность рассматриваемой задачи. Естественно возникает необходимость как-то понизить эту размерность. Вполне возможно для этой цели можно воспользоваться тем фактом, что граф, описывающий исходные состояния, скорее всего не предполагает, что все члены рассматриваемого сообщества будут контактировать друг с другом, поэтому в исходном графе будут существовать клики.

Если рассматривать проект, взаимодействия между работами которого задаются в виде графа, то было бы весьма полезно разбить этот граф на несколько составляющих, но так что бы связи между полученными частями были бы минимально необходимы, то есть выделить клики в этом графе, что позволяет осуществить декомпозицию исходной задачи на ряд более мелких задач.

Например, поиск в социальных сетях максимальной группы пользователей, все члены которой связаны общими интересами между собой.

Вместе с тем, следует учитывать, что использование задачи о клике имеет свои противопоказания и трудности. Прежде всего, это отражается на количественном описании модели, когда каждой дуге графа требуется приписать некую весовую характеристику, но получение таких характеристик достаточно часто представляет собой уже неординарную задачу. При этом необходимо иметь ввиду, что задаваемые связи могут носить нечеткий характер, что выводит задачу совершенно на другой уровень сложности. Одновременно с этим остается открытым вопрос об описании динамики такой системы, так как основная часть алгоритмов предполагает, что исходный граф стационарен. Не праздным является вопрос об адекватном отражении графовой модели реальному процессу.

И, тем не менее, невзирая на все сложности, задача о клике остаётся перспективным аппаратом для исследования и контроллинга социально-экономических систем. Данный подход дает возможность сформировать общее представление о структуре системы, распознать фундаментальные компоненты и оценить их влияние. Вместе с тем, с целью более углубленного изучения проблемы требуется применять более сложные методы и подходы.

В общем-то, следует иметь в виду, что рассматриваемая задача теории графов относится к приоритетным сферам деятельности при разработке новых подходов к проблемам управления социальными и экономическими объектами и процессами. Данный подход может служить основой для конструирования более конструктивных концепций руководства процессом функционирования изучаемой системы на основе применения моделей исследования операций и повышения их резистентности.

Следует напомнить, что полный граф – простой неориентированный граф, в котором каждая пара различных вершин инцидентна.

Утверждение 1. Если матрица смежности заполнена полностью, а на главной диагонали стоят нули, то такой граф будет являться полным и не имеющим петель.

Утверждение 2. Полный граф с n вершинами имеет $n(n-1)/2$ рёбер.

Доказательство утверждения следует из определения полного графа: каждая вершина такого графа должна быть связана ребром со всеми оставшимися вершинами графа. Таким образом, для каждой вершины графа таких ребер будет $(n-1)$. А учитывая, что в графе n ребер, то общее их количество будет определяться величиной $n(n-1)/2$. На два выражение делится из-за того, что каждое ребро имеет две вершины, а, следовательно, одно и тоже ребро будет посчитано дважды: для начальной и для конечной вершины. Таким образом, максимально возможное число ребер в полном графе будет равно $n(n-1)/2$. Понятно, что для такого графа матрица смежности будет заполнена всеми единицами кроме главной диагонали.

Весьма интересным является вопрос о максимально возможной мощности получаемого подграфа. Ответ на этот вопрос дает следующее утверждение 3.

Утверждение 3. Максимальная мощность полного подграфа $|G'|$ будет равна наибольшей степени вершины, увеличенной на единицу, то есть $|G'| = \deg(v) + 1$.

Необходимо обратить внимание, что получили максимальную оценку, то есть верхнюю границу, в реальности мощность клики будет меньше.

Все известные алгоритмы нахождения клик всегда имеют основную проблему: в ходе работы алгоритма как определить, полученный граф на очередном шаге, является кликой или же нет. Ответ на этот вопрос дает утверждение 2.

На основании этого утверждения возможен следующий подход к нахождению клики:

к-й шаг. Проводим подсчет ребер в исходном графе и проверяем соотношение $n(n-1)/2$ рёбер, то есть не является ли исходный граф кликой. Если да, то конец алгоритма, если нет, то переходим к шагу 2.

(k+1)-й шаг. Выбирается вершина с наименьшим количеством ребер, и она удаляется из графа вместе с ребрами. Принимаем $n=n-1$. Переходим к шагу **k**.

Основным недостатком данного алгоритма является тот факт, что он дает просто одну из клик, свойственных для исходного графа. Если граф имеет несколько клик, то найденная клика не обязательно будет иметь экстремальные свойства. Таким образом, возникает задача нахождения всего множества клик и отбор из найденных клик, удовлетворяющих требуемым свойствам.

Но аналогичным недостатком обладают и основные алгоритмы поиска клик. Самым известным является алгоритм Брона – Кербоша, разработанный голландскими математиками Броном и Кербошем в 1973 году.

Алгоритм использует тот факт, что всякая клика в графе является его максимальным по включению полным подграфом. Начиная с одиночной вершины (образующей полный подграф), алгоритм на каждом шаге пытается увеличить уже построенный полный подграф, добавляя в него вершины из множества кандидатов. Высокая скорость обеспечивается отсечением при переборе вариантов, которые заведомо не приведут к построению клики, для чего используется дополнительное множество, в которое помещаются вершины, которые уже были использованы для увеличения полного подграфа.

Клика – это подмножество вершин графа, такое, что каждые две вершины в этом подмножестве соединены ребром.

Построим для данного графа (Рисунок 6.3) матрицу смежности, которая приведена в Таблице 6.16.

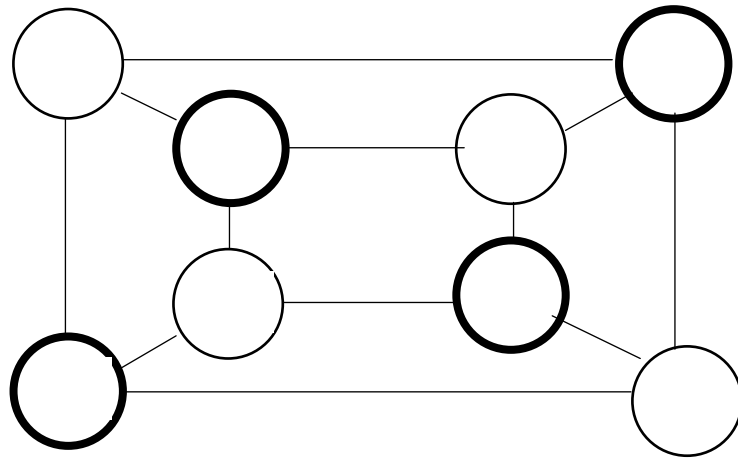


Рисунок 6.3 –Исходный граф для примера

Таблица 6.16 – Исходные данные для примера и результат 2 шага

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
I		1	1	0	1	0	0	0
II	1		0	1	0	1	0	0
III	1	0		1	0	0	1	0
IV	0	1	1		0	0	0	1
V	1	0	0	0		1	1	0
VI	0	1	0	0	1		0	1
VII	0	0	1	0	1	0		1
VIII	0	0	0	1	0	1	1	

Применим алгоритм.

1 шаг. Проверяем, не является ли исходный заданный граф кликой. Для этого проверяем выполнение соотношения при $n=8$; $8 \times 7/2 = 28$. Легко проверить, что в исходном графе имеется 12 дуг, то есть соотношение не выполняется и исходный граф кликой не является.

2 шаг. Так как все степени вершин одинаковы и равны 3, то выбираем произвольную вершину, например, 1. Удаляем ее из графа вместе с инцидентными ей ребрами. В табл. 6.16 соответствующая строка, столбец и клетки таблицы – зачеркнуты. В графе остается 7 вершин и 9 дуг. Проверяем выполнение кликового

условия: $7 \times 6 / 2 = 21$. Условие не выполняется. Подсчет дуг можно осуществлять по матрице смежности суммируя часть строки от главной диагонали.

3 шаг. К этому шагу наименьшую степень имеют вершины 2 и 4. Выбираем 4. Удаляем ее и инцидентные ей дуги. 6 вершин и 6 дуг: $6 \times 5 / 2 = 15$, то есть условие для существования клики не выполняется. Результат шага приведен в табл. 1.

4 шаг. К этому шагу наименьшую степень имеют вершины 2, 3, 6, 7. Выбираем 2. Удаляем ее и инцидентные ей дуги. Остается 5 вершин и 5 дуг: $5 \times 4 / 2 = 10$, то есть условие для существования клики не выполняется.

5 шаг. К этому шагу наименьшую степень имеют вершины 6, 7. Выбираем 6. Удаляем ее и инцидентные ей дуги. Остается 3 вершины и 3 дуги: $3 \times 2 / 2 = 3$, то есть условие для существования клики не выполняется.

6 шаг. К этому шагу наименьшую степень имеют вершины 5, 7. Выбираем 5. Удаляем ее и инцидентные ей дуги. Остается 3 вершины и 2 дуги: $2 \times 1 / 2 = 1$, то есть условие для существования клики не выполняется.

7 шаг. Остается 2 вершины и 1 дуга. Проверяем выполнение кликового условия: $2 \times 1 / 2 = 1$, то есть условие для существования клики выполняется. Результаты приведены в Таблице 6.17.

Таблица 6.17 – Исходные данные для примера после 7 шага

	II	III	V	VI	VII	VIII
II		0	0	1	0	0
III	0		0	0	1	0
V	0	0		1	1	0
VI	1	0	1		0	1
VII	0	1	1	0		1
VIII	0	0	0	1	1	

Таким образом, мы нашли одну клику в исходном графе. Клика будет состоять из вершин 7 и 8. Мощность клики – два. Понятно, что клика в графе куба будет существовать не одна, так как каждая пара смежных вершин будет составлять клику, то есть в данном модельном примере решение достаточно очевидно.

Но в общем случае однократное применение алгоритма дает только одну клику, причем совершенно произвольную. В данном примере все осложняется еще и тем, что в исходных данных все степени вершин одинаковы и выбор вершины для удаления осуществляется совершенно произвольно, так как нет возможности сформулировать правило отбора, в качестве которого обычно выступает минимальное значение степени вершины.

Полученный результат хорошо согласуется с теорией, согласно которой в графе куба (или гиперкуба) клика размером 1 состоит из одной вершины. Клика размером 2 состоит из двух вершин, которые являются концами одного ребра. Клики размером от 3 до n состоят из двух или более клик размером $n - 1$, соединённых вместе.

Таким образом, клик всех возможных размеров в графе куба много. Известно, что размер наибольшей клики в графе куба равен $\sqrt{n}$, где n – количество вершин в кубе [13]. В частности, для куба с 8 вершинами, а это наш пример, (куб первого порядка) размер наибольшей клики равен 2 [13].

Достаточно простой алгоритм нахождения клики в графе очень важен, так как согласно Рисунку 6.3, это может служить основой для решения других задач теории графов. В частности, нахождении независимого множества, так как найденная клика будет соответствовать независимому множеству в дополнительном графе.

Граф, дополнительный к исходному графу $G = (V, E)$, характерен тем, что имеет то же самое множество вершин, а множество его ребер $E^c = V \setminus E$ состоит из всех ребер, не являющихся ребрами исходного графа G . [13]. Это дает возможность построить следующий алгоритм нахождения дополнительного графа к исходному:

1 шаг. Построить матрицу смежности для исходного графа.

2 шаг. В матрице смежности заменить все единицы нулями, а нули единицами. Полученная матрица и будет являться матрицей смежности искомого графа, который является дополнительным к исходному.

Противоположное клике понятие – это независимое множество в том смысле, что каждая клика соответствует независимому множеству в дополнительном графе.

Приведем пример применения понятия наибольшего множества независимых вершин в графе для решения практических задач [24, 107]:

Планирование производства. Производство оснащено некоторым числом производственных линий, на которых может производить один или несколько видов продукции. Возникает задача определения номенклатуры выпускаемой продукции с целью обеспечения максимально возможной эффективности оборудования за счет уменьшения простоев и времени, необходимого для перенастройки линий.. Для этой цели строится графовая модель процесса, которая может быть представлена в виде двудольного графа, где вершины представляют виды планируемой к выпуску продукции, а рёбра – конфликты по ресурсам между продуктами. Оптимальным решением задачи будет являться наибольшее множество независимых вершин для двудольного графа.

Распределение задач между сотрудниками. Необходимо распределить объемы работ между сотрудниками подразделения. Вполне понятно, что каждая задача требует для своего успешного выполнения от сотрудника определенных компетенций. Процесс распределения должен удовлетворять определенным требованиям: исключать дублирование, и квалификация сотрудника должна соответствовать уровню поручаемой ему работы. С целью решения этой задачи необходимо построить графовую модель, в которой вершины соответствуют задачам, а рёбра – зависимостям между задачами. В качестве решения задачи принимается наибольшее множество независимых вершин, соответствующее набору задач, которые могут быть выполнены независимо друг от друга.

Оптимизация маршрутов доставки [21, 107]. Требуется разработать план транспортного обслуживания, обеспечивающий процесс снабжения торговой сети поставками с центрального склада. В этом случае графовая модель будет описывать расположение пунктов доставки и расстояния между ними. Находя наибольшее независимое множество в построенном графе, можно получить оптимальные

маршруты доставки. Множество независимых рёбер также называют паросочетанием [16, 17, 143]. Таким образом, алгоритм нахождения клик в графе открывает возможность нахождения еще наибольшего множества независимых вершин и паросочетаний в исходном графе. Продолжим рассматриваемый пример. Для этого построим дополнительный граф к исходному, заданному в примере на Рисунке 6.3.

Используя алгоритм построения дополнительного графа к исходному получим матрицу смежности, приведенную в Таблице 6.18. По данным этой таблицы, построим дополнительный к исходному граф, представленный на Рисунке 6.3.

Данный граф похож на двудольный, но не является таковым, так как имеются связи между вершинами в каждой доле: в первой доле – $(1 - 4)$ и $(2 - 3)$; во второй доле – $(5 - 6)$ и $(6 - 7)$.

Для определения наибольшего независимого множества необходимо найти клику в дополнительном графе, приведенном на Рисунке 6.4.

Таблица 6.18 - Матрица смежности для дополнительного графа

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
I		0	0	1	0	1	1	1
II	0		1	0	1	0	1	1
III	0	1		0	1	1	0	1
IV	1	0	0		1	1	1	0
V	0	1	1	1		0	0	1
VI	1	0	1	1	0		1	0
VII	1	1	0	1	0	1		0
VIII	1	1	1	0	1	0	0	

Для решения этой задачи воспользуемся алгоритмом, приведенным выше.

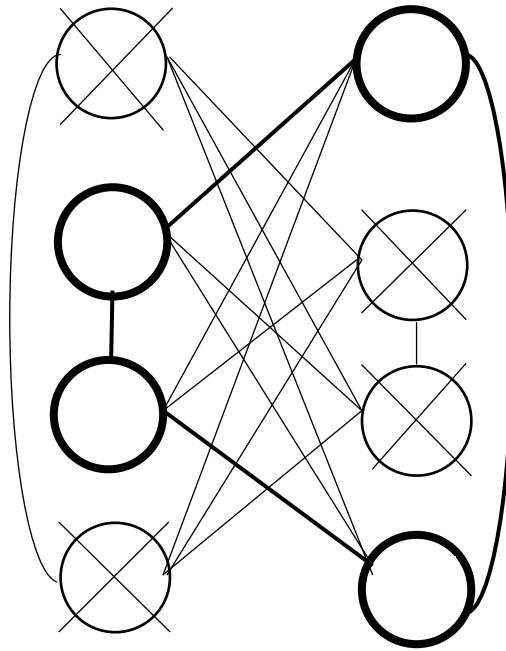


Рисунок 6.4 – Дополнительный граф к исходному графу

Исходный граф имеет: 8 вершин и 16 ребер. Проверка исходного графа на наличие клики приводит к заключению, что данный граф не является кликой. Согласно алгоритму выбирается вершина, имеющая наименьшую степень. Но в нашем случае все вершины будут иметь одинаковую степень равную четырем, а поэтому можно выбрать любую произвольную вершину. В данном случае выбираем вершину 1 (на Рисунке 6.4 все удаленные на различных шагах вершины зачеркнуты). Последовательно, удаляя вершины: 1, 6, 7, 4, за четыре шага приходим, что в дополнительном графе будет существовать клика мощностью 4 в которую входят вершины: 2, 3, 5, 8.

В исходном графе, приведенном на Рисунке 6.3, эти вершины будут составлять наибольшее независимое множество. Соответствующие вершины на Рисунке 6.4 выделены толстыми линиями.

Найдя наибольшее независимое множество вершин графа, для получения паросочетания, можно использовать следующий алгоритм:

1. Найти наибольшее независимое множество вершин графа.

2. Для каждой вершины из этого множества найти все рёбра, которые инцидентны этой вершине.

3. Выбрать ребро с наименьшим весом (если веса не заданы, то можно брать любое ребро).

4. Удалить выбранное ребро и все инцидентные ему вершины из графа.

5. Повторить шаги 2 – 4 до тех пор, пока в графе есть рёбра.

В результате будет получено паросочетание – набор рёбер, в котором ни одно ребро не является общим для двух других рёбер.

Этот алгоритм является жадным алгоритмом и может давать неоптимальное решение в некоторых случаях. Однако он прост в реализации и работает достаточно быстро.

Для более точного решения задачи можно использовать другие алгоритмы, такие как алгоритм Куна или алгоритм Хопкрофта-Карпа. Эти алгоритмы являются более сложными, но они могут дать оптимальное решение.

Таким образом, *эвристический алгоритм нахождения клик в графе позволяет осуществлять решение целого комплекса задач теории графов о практическом применении которых говорилось выше. В частности, наибольшее независимое множество вершин, паросочетания.*

6.6 Выводы

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. Но вместо того, чтобы определять значение параметра регуляризации по результатам решения задачи безусловной оптимизации большой размерности, предлагается осуществить подбор такого значения основанный на свойствах искомого решения. Это свойство заключается в том, что в результате решения нам важно получить не абсолютное значение рейтинга каждого специалиста, а систему оценок, в которой сохраняются пропорции между найденными оценками.

Создан алгоритм оценки компетентности лиц, принимающих решение о редукации 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.

Разработана примерная схема применения задач теории графов, как инструмента для анализа и оптимизации социальных и экономических систем, отличающаяся выделением базовой задачи, в качестве которой предлагается использовать задачу о клике, что позволяет решить несколько других практически важных проблем и сформулировать правило определения, является ли полученный на очередном шаге граф кликой или нет.

7. СТРУКТУРА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНЫХ СТРАТЕГИЙ РЕАЛИЗАЦИИ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ

7.1 Информационная поддержка процессов управления инновационными проектами

Рассмотрим информационную поддержку процессов управления инновационными проектами, структура которой включает два блока.

Первый блок отвечает за планирование проекта, а второй - контроль выполнения. В программе для моделирования процесса управления использованы методы сетевого планирования и марковских случайных процессов.

Разработка инновационных проектов и их реализация - очень трудоемкий процесс, связанный со значительными затратами материальных, кадровых и финансовых ресурсов [152, 159]. Любая перспективная идея, лежащая в основе инновационного строительного проекта, будет находить свое применение, как в современных проектах, так и в будущих разработках в области проектного управления, образуя некоторый модельный ряд.

Ввиду вышесказанного, управление инновационными проектами осуществляется следующими программными модулями (Рисунок 7.1):

- модуль выбора и планирования инновационного проекта, содержащего инновационные решения, особенно в части применения этих решений;
- модуль ресурсного управления при планировании и реализации инновационных проектов, минимизирующий вероятность дефицита материальных, человеческих или финансовых ресурсов;
- модуль анализа возможных рисков при реализации инновационных проектов, позволяющий минимизировать вероятность срыва проекта и сократить издержки на его реализацию.

Система управления инновационными проектами, как правило, состоит из нескольких этапов и процессов. На начальном этапе, который заключается в пла-

нировании проекта, происходит формирование концепции проекта, ее анализ, принятие решений по разработке проекта, начало процесса его реализации. На следующем этапе происходит параллельное управление проектом по трем направлениям: в области управления проектом по временным и финансовым показателям, в области ресурсного управления и оптимального распределения дефицитных ресурсов и в сфере управления рисками разного типа.

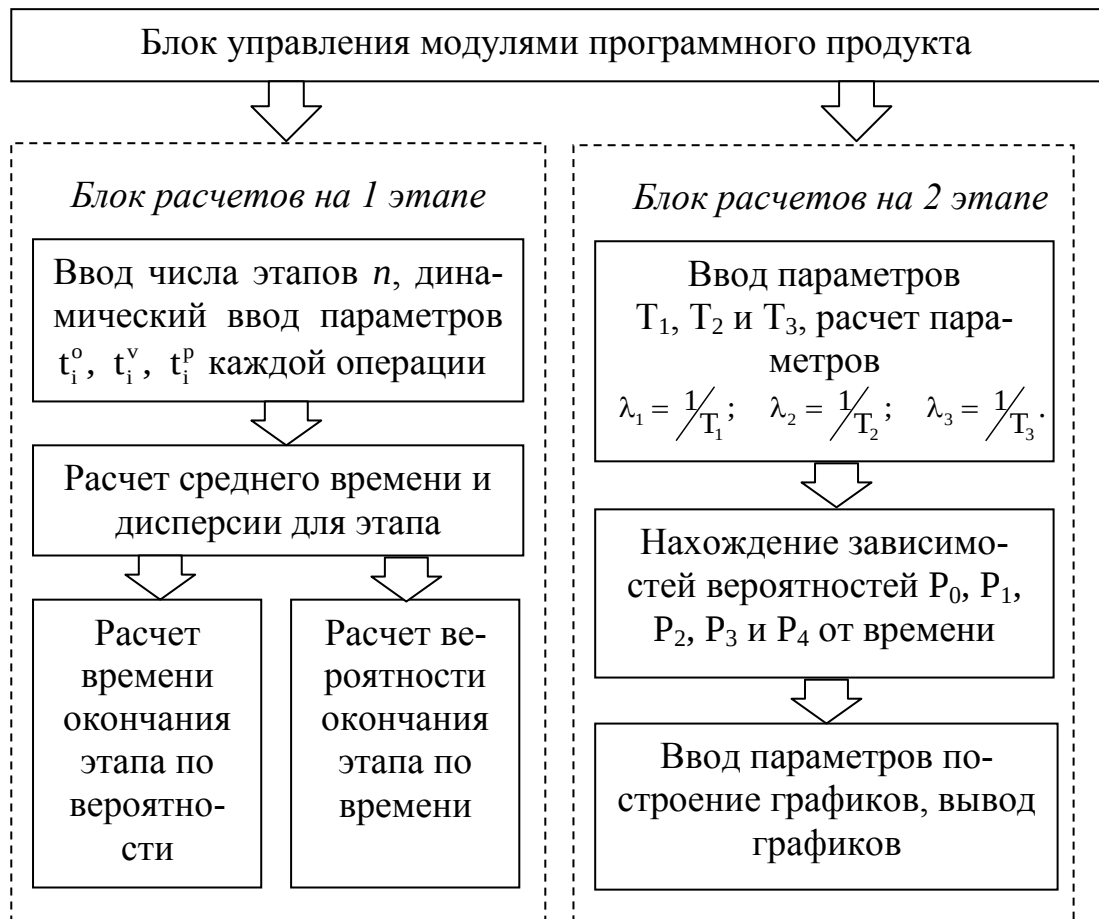


Рисунок 7.1 – Структурная схема программного продукта
«Двухэтапное управление инновационными проектами»

Алгоритм работы программного модуля включает этапы управления инновационными проектами, представленными на Рисунке 7.2. Ввиду того, что на каждом направлении необходимо реализовывать поставленные задачи за ограниченное время, необходимо рассчитать вероятностные оценки выполнения этапов

и направлений реализации проекта с учетом фактора времени, как по каждому этапу и направлению в отдельности, так и по всей своей совокупности выполняемых мероприятий.



Рисунок 7.2 – Структурная схема управления инновационными проектами

Задачу моделирования системы управления инновационными проектами будем решать в два этапа. Т.к. этапы следуют последовательно один за другим, рассмотрим подробно каждый из них.

На первом этапе происходит планирование проекта, а именно, формирование общей концепции инновационного проекта [129], моделирование основных действий, мероприятий и работ. Этот процесс состоит из выполнения ряда последовательных действий (операций), каждая из которых требует временных затрат. Суммарное время выполнения данного этапа складывается аддитивно из времен осуществления каждой операции этапа. Необходимо оценить вероятность P_u того, что все операции будут осуществлены за допустимое время t_0 , которое отводится на выполнение первого этапа управления.

Основной проблемой в вычислении указанной вероятности P_u является то, что времена исполнения операций являются недетерминированными, т.е. время

их выполнения точно неизвестно, но может быть оценено исходя из эмпирических данных. Данную задачу можно решить, используя модель сетевого планирования и управления.

Сформулируем сначала возможные операции, необходимые для реализации первого этапа управления:

1. Разработка концепции проекта, получение и уяснение задач.
2. Выбор оптимального проекта
3. Расчет временных характеристик этапов и работ.
4. Анализ возможностей ресурсного обеспечения проекта.
5. Оценка возможных рисков.
6. Принятие решений по реализации проекта.
7. Постановка задачи исполнителям по направлениям и этапам.

В дальнейшей математической модели опишем ситуацию, когда операции этапа планирования могут быть иными, и их число обозначим за n , единственное условие заключается в том, что операции должны быть последовательными и начало следующей не должно быть ранее, чем время завершения предыдущей.

Учитывая неопределенное время выполнения каждой операции, приведем аппроксимированное среднее время ее выполнения по следующим эмпирическим показателям. Обозначим через $\bar{t}_i$, $i=1,2,...,n$ - среднее время выполнения i -й операции. Для его расчета воспользуемся формулой:

$$\bar{t}_i = \frac{t_i^o + 4t_i^v + t_i^p}{6}, \quad (7.1)$$

где t_i^o , t_i^v , t_i^p - соответственно, оптимистическое время выполнения операции или мероприятия (т.е. время, за которое операция будет выполнена при наилучшем стечении обстоятельств), наиболее вероятное время выполнения операции (расчетное время) и пессимистическое время, за которое операция будет выполнена при наименее благоприятствующих условиях. В случае, когда наиболее вероятное время рассчитать затруднительно, можно воспользоваться упрощенной формулой, которую можно использовать вместо (7.1):

$$\bar{t}_i = \frac{2t_i^o + 3t_i^p}{5}. \quad (7.2)$$

Кроме среднего времени необходимо учитывать временную дисперсию, т.е. характеристику неопределенности. Для этих целей можно использовать формулу:

$$\sigma_i^2 = \left(\frac{t_i^p - t_i^o}{6} \right)^2 \quad (7.3)$$

Суммарное среднее время решения задачи управления на первом этапе (его математическое ожидание), суммарную дисперсию времени, а также среднеквадратическое отклонение, можно вычислить по формулам:

$$\bar{t} = \sum_{i=1}^n \bar{t}_i; \sigma^2 = \sum_{i=1}^n \sigma_i^2; \sigma = \sqrt{\sigma_i^2}. \quad (7.4)$$

Окончательно, время выполнения задачи управления на первом этапе, с учетом входных эмпирических временных показателей для операций первого этапа, можно оценить по формуле:

$$P_u(t_0) = \Phi\left(\frac{t_0 - \bar{t}}{\sigma}\right), \quad (7.5)$$

где $\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-t^2} dt$ - функция Лапласа.

Следует отметить, что построенная модель позволяет решить и обратную задачу - определить максимальное время $t_{\max}$, за которое можно выполнить управление на первом этапе с вероятностью, не менее P_α :

$$t_{\max} = \bar{t} + u_\alpha \sigma^2, \quad (7.6)$$

где u_α - квантиль нормального закона распределения, получается из решения уравнения $\Phi(u_\alpha) = P_\alpha$.

Таким образом, применяя формулу (7.5) с учетом (7.4), а также используя оценки, полученные по формулам (7.1) или (7.2) и (7.3), можно оценить вероятность выполнения задачи планирования проекта P_u на первом этапе его реализации за время t_0 .

На втором этапе происходит выполнение задачи управления инновацион-

ным проектом по трем направлениям: в области управления проектом по временным и финансовым показателям, в области ресурсного управления и оптимального распределения имеющихся ресурсов и в сфере управления рисками разного типа. Выполнение задач по каждому направлению производится параллельно [113, 143, 176].

Для моделирования процесса выполнения мероприятий по каждому направлению, будем использовать математический аппарат моделирования, основанный на марковских случайных процессах с непрерывным временем и дискретными состояниями.

Будем рассматривать структуру управления инновационным проектом на втором этапе как некоторую систему S , в котором протекает случайный процесс. Система при этом может находиться в следующих состояниях:

S_0 - состояние, когда принято решение о реализации проекта, началось ее планирование, но пока задача управления по каждому направлению не решена;

S_1 - состояние, когда управление успешно осуществлено в сфере управления проектом по временным и финансовым показателям;

S_2 - состояние, когда управление успешно осуществлено в сфер ресурсного управления и оптимального распределения имеющихся ресурсов;

S_3 - состояние, когда управление успешно осуществлено в области управления рисками разного типа;

S_4 - состояние, когда управление успешно осуществлено по всем направлениям, проект был реализован.

Введем следующие обозначения. Обозначим через T_1 , T_2 и T_3 - среднее время решения задачи управления проектом по временным и финансовым показателям, в области ресурсного управления и оптимального распределения имеющихся ресурсов и в сфере управления рисками разного типа, соответственно. Вместе с этим введем интенсивности решения задачи управления инновационным проектом по каждому направлению как:

$$\lambda_1 = 1/T_1; \quad \lambda_2 = 1/T_2; \quad \lambda_3 = 1/T_3.$$

Т.к. система может находиться одновременно в состояниях S_1 , S_2 и S_3 , то такой выбор состояний не соответствует условиям модели марковского процесса. Правильнее сказать, что в системе протекает три марковских процесса, граф состояний каждого из них можно представить схематично на Рисунке 7.3.

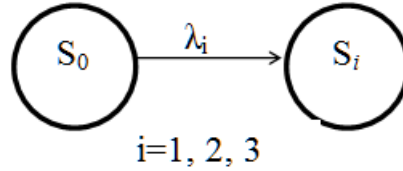


Рисунок 7.3 – Граф состояний системы S , в которой имеется случайный процесс

Эти процессы можно объединить в единую схему функционирования системы S , которая представлена на Рисунке 7.4.

Для нахождения вероятностей состояний P_1 , P_2 и P_3 соответственно, для состояний S_1 , S_2 и S_3 , необходимо решать дифференциальные уравнения Колмогорова вида:

$$\begin{cases} P_i'(t) = \lambda_i \cdot (1 - P_i(t)); \\ P_i(0) = 0, \end{cases} \quad i = 1, 2, 3.$$

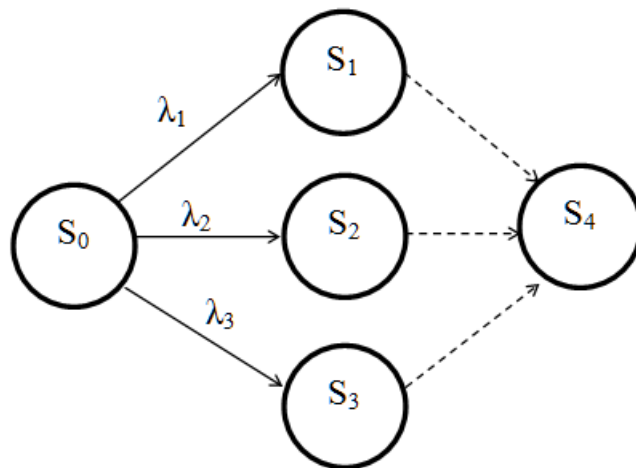


Рисунок 7.4 – Структура функционирования системы S , в которой имеется случайный процесс

Решая данную систему независимых дифференциальных уравнений (7.6) с

учетом начальных условий, получим зависимости от времени вероятностей состояний S_1 , S_2 и S_3 :

$$P_i(t) = 1 - \exp(-\lambda_i \cdot t), \quad i = 1, 2, 3. \quad (7.7)$$

Очевидно, что переход в состояние S_4 возможен только тогда, когда будут решены задачи хотя бы по одному из трех направлений, т.е. когда система перейдет в состояния S_1 , S_2 или в S_3 . Кроме того, должна быть решена задача на первом этапе, т.е. полученные вероятности должны быть условными и умножаться на вероятность решения задачи на первом этапе P_u , которая является функцией времени выполнения первого этапа управления t_0 . С учетом этого, вероятность состояния P_4 , которую можно рассматривать как интегральную вероятность выполнения задачи управления инновационным проектом, будет равна:

$$\begin{aligned} P_4(t) = P_u(t_0) \cdot [& P_1(t) + P_2(t) + P_3(t) - P_1(t) \cdot \\ & \cdot P_2(t) - P_1(t) \cdot P_3(t) - P_2(t) \cdot P_3(t) + P_1(t) \cdot \\ & \cdot P_2(t) \cdot P_3(t)] \end{aligned} \quad (7.8)$$

Для нахождения вероятности состояния S_0 будем учитывать то, что система будет находиться в этом состоянии в том случае, когда не был переход системы ни в одно из состояний S_1 , S_2 и S_3 . С учетом этого, вероятность этого состояния равна:

$$\begin{aligned} P_0(t) &= (1 - P_1(t)) \cdot (1 - P_2(t)) \cdot (1 - P_3(t)) = \\ &= \exp(-(\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3) \cdot t). \end{aligned} \quad (7.9)$$

Качественные графики зависимостей (7.7) - (7.9) при $\lambda_1 > \lambda_2 > \lambda_3$ и с условием, что задача управления на первом этапе была решена, т.е. $P_u=1$, представлены на Рисунке 7.5.

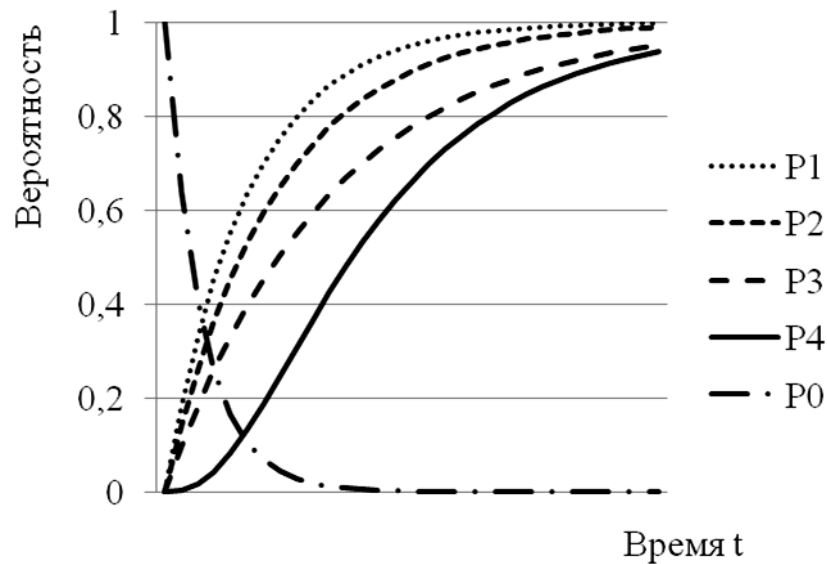


Рисунок 7.5 – Качественные графики вероятностей состояний при $\lambda_1 > \lambda_2 > \lambda_3$

С учетом того, что вероятность срыва реализации проекта на втором этапе равна $1 - P_0$, а также учитывая (7.9), выражение (7.8) можно записать в виде:

$$P_4(t) = P_u(t_0) \cdot (1 - P_0(t)) = P_u(t_0) \cdot (1 - \exp(-(\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3) \cdot t)). \quad (7.10)$$

Рассчитанные вероятности состояний позволяют получать оценки вероятностей реализации инновационных проектов за определенное время. С точки зрения системы управления, эти вероятности можно интерпретировать следующим образом.

Вероятность P_u связана с реализацией функции управления с целью изменения состояний S_1 , S_2 и S_3 , т.е. это вероятность реализации функции управления. Величина P_4 - это вероятность обеспечения выполнения инновационного проекта в целом за время не более допустимого (способность эффективного управления проектом). Соответственно вероятности выполнения задач управления на втором этапе по направлениям будут пониматься как: P_1 - вероятность успешного управления проектом по временным и финансовым показателям; P_2 - вероятность успешного ресурсного управления; P_3 - вероятность успешного управления рисками.

Также стоит заметить, что построенная модель в качестве параметров использует только время, отведенное на организацию управления на первом этапе t_0 ,

к которому добавляются времена решения задачи управления проектом по направлениям T_1 , T_2 и T_3 , которые определяют вероятности состояний на втором этапе. Введем максимально допустимое время реализации задач управления на втором этапе $T_{\max}$, и время, за которое нужно реализовать инновационный проект целиком, от момента принятия решения о начале реализации проекта, до реализации всех мероприятий на втором этапе по всем направлениям $T_{\text{общ}}$. Учитывая, что $T_{\text{общ}} = t_0 + T_{\max}$, получим, с учетом формулы (7.8), вероятность реализации всех мероприятий управления, т.е. реализации инновационного проекта:

$$P_4(T_{\text{общ}}) = P_u(T_{\text{общ}} - T_{\max}) \times \\ \times (1 - \exp(-(\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3) \cdot T_{\max})) = \Phi\left(\frac{T_{\text{общ}} - T_{\max} - \bar{t}}{\sigma}\right) \cdot (7.11) \\ \cdot (1 - \exp(-(\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3) \cdot T_{\max})).$$

Это позволяет свести дальнейшее исследование к методам сокращения времени управления T_1 , T_2 и T_3 на втором этапе по всем направлениям, что позволит увеличивать вероятность реализации инновационного проекта в целом. В частности, если организовать выполнение мероприятий управления по направлениям на втором этапе так, чтобы время их выполнения не превышало максимально допустимое, т.е. $T_1 = T_2 = T_3 = T_{\max}$, то вероятность (7.10) будет равна:

$$P_4(T_{\text{общ}}) = P_u(T_{\text{общ}} - T_{\max}) \cdot (1 - 1/e^3) = 0,95 \cdot \Phi\left(\frac{T_{\text{общ}} - T_{\max} - \bar{t}}{\sigma}\right).$$

В описанной модели можно варьировать распределение времени выполнения мероприятий на первом этапе t_0 и на втором этапе $T_{\max}$ внутри времени выполнения всего инновационного проекта $T_{\text{общ}}$. Очевидно, что можно так подобрать время $T_{\max}$ выполнения второго этапа, что итоговая вероятность выполнения всего проекта (7.11) будет максимальна.

Для этого нужно решить оптимизационную задачу вида:

$$\Phi\left(\frac{T_{\text{общ}} - T_{\max} - \bar{t}}{\sigma}\right) \times (1 - \exp(-(\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3) \cdot T_{\max})) \rightarrow \max; \quad (7.12) \\ 0 \leq T_{\max} \leq T_{\text{общ}}.$$

Решать задачу нелинейной оптимизации (7.12) можно в MS Excel с исполь-

зованием надстройки «Поиск решений» (Solver).

Рассмотрим подробно программную поддержку общей схемы управления инновационными проектами на основе разработанного программного продукта **«Двухэтапное управление инновационными проектами»** [156].

На первом этапе происходит планирование проекта, а именно, формирование общей концепции инновационного проекта, моделирование основных действий, мероприятий и работ.

На втором этапе предполагается выполнение задачи управления инновационным проектом по трем направлениям: в области управления проектом по временным и финансовым показателям, в области ресурсного управления и оптимального распределения имеющихся ресурсов и в сфере управления рисками разного типа.

Учитывая стохастический характер поведения параметров, от которых зависит управление, математическая модель основана на методах марковских случайных процессов. Применение предложенной модели управления позволит провести анализ временных и вероятностных показателей, влияющих на разработку и реализацию инновационного проекта и осуществить эффективное управление проектом.

Программный продукт содержит:

- главный управляющий блок,
- 2 независимых блока, которые соответствуют первому и второму этапу управления.

Каждый расчетный блок имеет подсистему ввода данных, вычислительную подсистему и подсистему вывода результатов.

Программный продукт позволяет проводить расчеты, выводить результаты в формы, осуществлять построение графиков для анализа вероятностей завершения проведения планируемых мероприятий в заданный срок, а также оценивать длительность реализуемых мероприятий с заданной вероятностью.

Программный продукт был реализован на языке программирования C#, версия 7.3, прошел необходимое тестирование и был зарегистрирован в Федеральной

службе по интеллектуальной собственности. Временные показатели при расчетах могут быть приведены в любых единицах, на приведенном ниже примере интерфейса они указаны в сутках. Ниже опишем интерфейс программного продукта. На Рисунке 7.6 приведено меню главной управляющей формы программного продукта, которое позволяет независимо друг от друга запустить вычисления на каждом этапе.

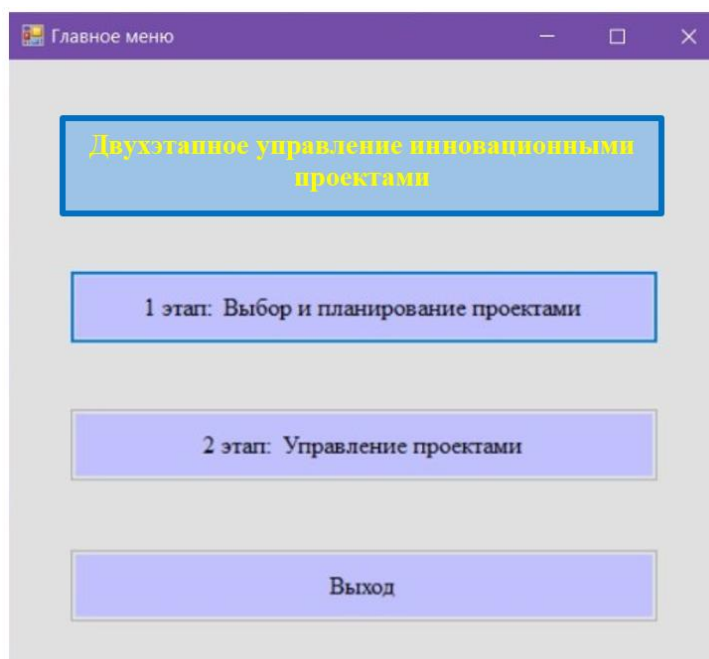


Рисунок 7.6 – Главная управляющая форма

При выборе первого этапа открывается форма управления вычислениями на данном этапе, она приведена на Рисунке 7.7.

Рисунок 7.7 – Форма проведения расчетов на первом этапе

Данная форма имеет две области – верхнюю и нижнюю. Верхняя область позволяет ввести число операций на первом этапе, ввести данные для каждой операции (для этого использована динамическая цепочка форм ввода, первые две из которых приведены на Рисунке 7.8), а также рассчитать среднее время реализации первого этапа проекта и его дисперсию.

Нижняя область формы, изображенной на Рисунке 7.6, предназначена для расчета наиболее вероятного времени завершения первого этапа проектного управления с заданной вероятностью, которое рассчитывается по формуле (7.6) (левая часть области), а также для вычисления выполнения данного этапа за заданное время (правая часть области, используем формулу (7.5)).

Операция	Введите оптимистическое время выполнения операции	Введите среднее время выполнения операции	Введите пессимистическое время выполнения операции
Операция 1	5	6	8
Операция 2	10	12	14

Рисунок 7.8 – Примеры динамических форм ввода данных

Для решения задачи управления инновационными проектами на втором этапе, используется форма ввода данных, которая приведена на Рисунке 7.9.

Показатель	Введенное значение
Среднее время управления по временным и финансовым показателям	7
Среднее время управления в сфере распределения ресурсов	8
Среднее время управления расками	10
Введите временной интервал для прогнозирования	30

Рисунок 7.9 – Форма управления и ввода данных на втором этапе

Данная форма позволяет на основе введенных данных осуществлять прогнозирование вероятности окончания проекта на данном этапе в указанный срок на основании построенных графиков, которые открываются в отдельной форме, пример которой для данного примера изображен на Рисунке 7.10.

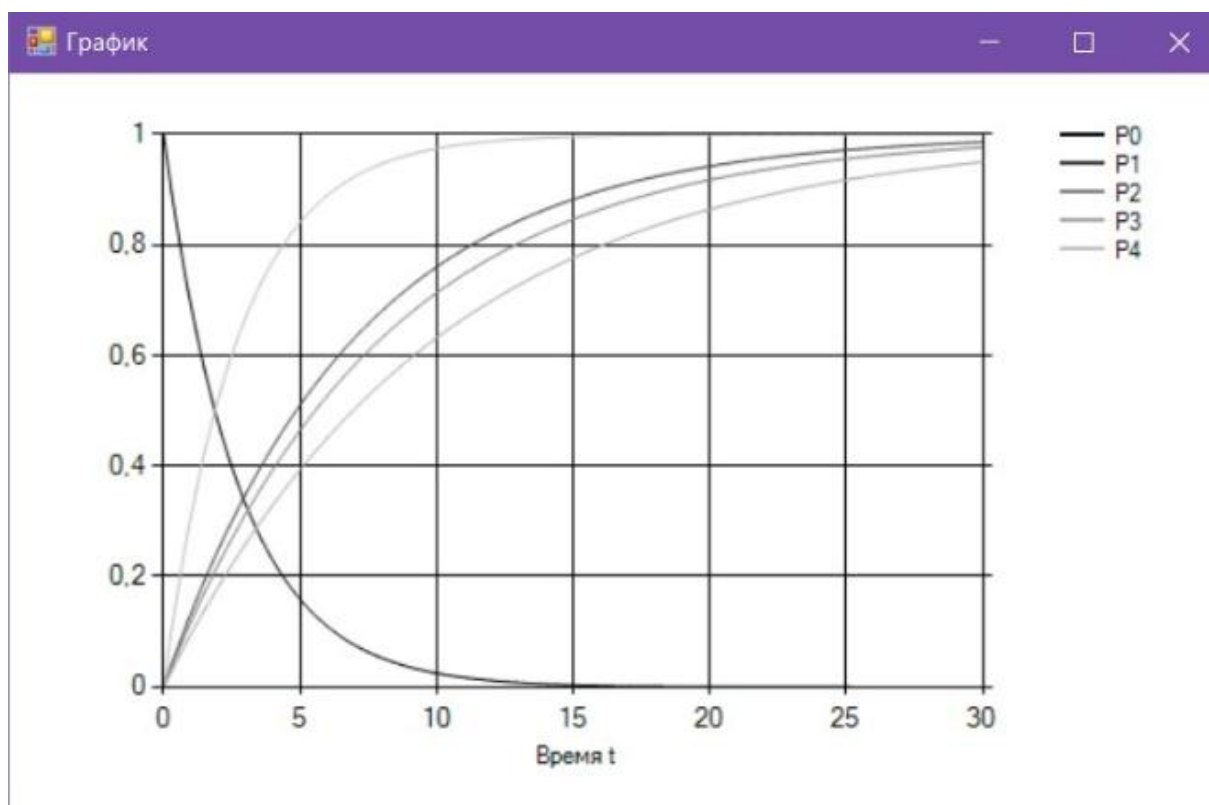


Рисунок 7.10 – Форма с примером графиков вероятностей на втором этапе

Расчеты вероятностных функций проводятся в соответствии с формулами (7.7) – (7.10).

Программный продукт практически реализует предложенную модель управления инновационными проектами, обеспечивает проведение анализа временных и вероятностных показателей, влияющих на разработку и реализацию инновационного проекта.

Программный продукт позволил:

- сократить время выбора проекта на первом этапе (выбор проекта) на 3-5%;
- сократить время выполнения проекта по временным и финансовым пока-

зателям на втором этапе на 5-7%;

- уменьшить ущерб от воздействия рисков на реализацию проекта в среднем на 5%;

- в результате оптимизации системы проектного управления ресурсами, осуществлять корректировку нормативных величин управления ресурсами и запасами, что позволит экономить конкретному предприятию порядка 6-8 % на издержках, связанных с дефицитом ресурсов.

7.2 Программный модуль функционирования системы работы с рекламациями высокотехнологичного предприятия

Рассмотрены гибридные системы обслуживания рекламаций ООО «Техника Сервис Агро». Дана постановка задачи оптимального совмещения обслуживания клиентов диспетчером-человеком и диспетчером-роботом для эффективного и устойчивого функционирования связи клиентов с предприятием. Проведен анализ имеющихся решений для систем с параллельным и последовательным обслуживанием. Сформулирована модель параллельного обслуживания двух потоков «высокоприоритетных» клиентов с разными предпочтениями и возможностью обмена клиентами между каналами в процессе обработки заявок. Получено стационарное решение для модели и рассмотрен пример ее применения к работе контактного центра ООО «Техника Сервис Агро».

Управление жизненным циклом сложных объектов представляет собой комплексную задачу, способы решения которой могут принципиально отличаться на разных стадиях. Среди этапов жизненного цикла высокотехнологичной продукции сельхозназначения (Машина зерноочистительная самопередвижная **МЗ-10С**) наиболее длительным является фаза эксплуатации, ради которой и реализуется проект производства инновационной техники для глубокой обработки растительной продукции. Этот этап, обеспечивает экономическую окупаемость инвестиций и раскрывает возможности, заложенные в период проектирования и производства сложной техники. Машина зерноочистительная самопередвижная МЗ-

10С предназначена для предварительной и первичной очистки поступающего с поля зернового вороха колосовых, крупяных, зернобобовых культур, кукурузы, сорго и подсолнечника от примесей на зернотоках. От существующих аналогов отличается высокой надежностью и качеством изготовления. Конструкция обеспечивает стабильную загрузку и производительность, выделение фуражной и сорной фракции. Проста и удобна в эксплуатации. Небольшая установленная мощность [116].

В процессе эксплуатации машины зерноочистительной самопередвижной **МЗ-10С** возникает вопрос взаимодействия ООО «Техника Сервис Агро» с агрохозяйствами в плане сервисного и гарантийного обеспечения ее работоспособности, т.к. предприятие отвечает за безаварийную эксплуатацию в течении трех лет. Данная машина представляет собой сложное техническое изделие, включающее более 40000 узлов и агрегатов, треть из которых производится сторонними поставщиками. При этом, в ходе эксплуатации появляются новые компоненты на основе модельного ряда, поэтому в ходе контакта необходимо провести квалифицированный диалог, к которому оператор в силу недостаточных компетенций не всегда готов. Кроме этого, требуется понять важность той или иной технологии для оборудования и учитывать степень загруженности производства и сервисной службы. Для этого разрабатываются и используются различные информационные системы, в том числе включающие современные инструменты защиты данных, позволяющие обеспечить коммуникации в режиме реального времени. Отметим, что большая часть усилий инженерного сообщества закономерно направляется на обеспечение высокой технической надежности выпускаемой и эксплуатируемой продукции. Важное место во взаимодействии предприятия с клиентами играет контактный центр, функционирующий на предприятии с 2017 года и обеспечивающий непрерывный контакт заказчиков с сервис менеджерами.

Для автоматизации телефонных коммуникаций на рынке появляется все больше готовых решений в виде интеллектуальных голосовых помощников, ориентированных на упрощение и удешевление деловых контактов по телефонной связи. Автоматические голосовые ответчики с использованием ИИ позволяют об-

рабатывать большое количество запросов, но устраивают не всех клиентов. Поэтому для качественного обслуживания заявок ООО «Техника Сервис Агро» целесообразна организация параллельной работы диспетчеров, как с человеком, так и без его участия, выбор между которыми осуществляется клиентом при входе в систему и может быть изменен в процессе обслуживания.

Сформулируем и исследуем модель СМО для контактного центра диспетчерской службы заявок ООО «Техника Сервис Агро» с параллельной работой человека и интеллектуального голосового ответчика, предусматривающую обмен заявками.

Будем считать, что обслуживаются клиенты двух типов.

Первые предпочитают общение с диспетчером-человеком.

Вторые чувствуют себя более комфортно в обезличенной системе диспетчера-робота.

Поэтому на входе в СМО поток заявок разделяется случайно или по входному номеру на два, один из которых поступает человеку, а второй роботу. В процессе обслуживания клиент может изменить свое намерение и перейти на обслуживание к параллельному диспетчеру. Процесс работы СМО представляет собой случайный процесс, в котором то или иное событие происходит с определенной вероятностью. Работа СМО подробно описана в разделе «автоматная модель сложной системы, как инструмента для анализа и оптимизации организационных систем» и представляет собой случайный процесс с дискретными состояниями и непрерывным временем. Состояние системы меняется скачком в случайные моменты событий, связанных с приходом заявки, передачей заявки параллельной системе или окончанием обслуживания. Обслуживание клиента зависит только от текущего состояния системы и не зависит от того, когда и как система пришла в это состояние, и СМО описывается случайным марковским процессом, что упрощает математический анализ системы.

Рассмотрим обслуживание без очереди «высокоприоритетных клиентов» важность заявок которых оценивает «модель учета важности отбираемых технологий» при котором каналы 1 и 2 обслуживающей системы могут находиться в

двух состояниях: в свободном или занятом.

Для первого канала вероятность нахождения в свободном состоянии обозначим как p_0 , а вероятность нахождения в занятом состоянии как p_1 .

Для второго канала соответствующие вероятности обозначим как q_0 и q_1 .

Потоки поступающих заявок в двух каналах считаем стационарными пуассоновскими, и их скорости обозначим как λ_1 и λ_2 . Далее примем, что распределение потоков по обслуживающим каналам (человеку либо роботу) происходит сразу при поступлении звонка. Если выбранный канал свободен, то происходит обслуживание и канал переходит в занятое состояние. С некоторой вероятностью, определяемой скоростью обслуживания μ_1 для первого канала или μ_2 для второго канала, система закончит обслуживание и перейдет в незанятое состояние, если каналы работают независимо. В рассматриваемом случае возможна передача заявок между каналами со скоростями ν_1 и ν_2 , так что появляется добавка во входных потоках, пропорциональная вероятности занятости диспетчера, передающего заявку. Таким образом, для четырех возможных состояний СМО можно записать систему уравнений Чепмена-Колмогорова:

$$\frac{dp_0}{dt} = -\lambda_1 p_0 + (\mu_1 + \nu_1) p_1 - \nu_2 q_1, \quad (7.13)$$

$$\frac{dp_1}{dt} = \lambda_1 p_0 - (\mu_1 + \nu_1) p_1 + \nu_2 q_1,$$

$$\frac{dq_0}{dt} = -\lambda_2 q_0 + (\mu_2 + \nu_2) q_1 - \nu_1 p_1,$$

$$\frac{dq_1}{dt} = \lambda_2 q_0 - (\mu_2 + \nu_2) q_1 + \nu_1 p_1.$$

Если сложить попарно уравнения (7.13), мы получим условия постоянства полных вероятностей для отдельных каналов:

$$p_0 + p_1 = 1, \quad q_0 + q_1 = 1. \quad (7.14)$$

При отсутствии связи между каналами получаем две простейшие системы обслуживания без очереди. Соответствующие стационарные решения уравнений

имеют стандартный вид:

$$p_1 = \alpha_1 p_0, \quad p_0 = \frac{1}{1 + \alpha_1}, \quad (7.15)$$

$$q_1 = \alpha_2 q_0, \quad q_0 = \frac{1}{1 + \alpha_2},$$

$$\alpha_1 = \lambda_1 / \mu_1, \quad \alpha_2 = \lambda_2 / \mu_2.$$

При этом, относительная пропускная способность каждой из подсистем определяется наличием свободной для обслуживания подсистемой, т.е. значениями p_0 и q_1 , а вероятность отказа в обслуживании в каждом из каналов составляет соответственно p_1 и q_1 .

При рассмотрении стационарного решения системы (7.13) с учетом условий (7.14), уравнения принимают вид:

$$\lambda_1(1 - p_1) - (\mu_1 + v_1)p_1 + v_2 q_1 = 0, \quad (7.16)$$

$$\lambda_1(1 - q_1) - (\mu_2 + v_2)q_1 + v_2 p_1 = 0.$$

Решение системы уравнений (7.16) дает:

$$p_1 = \frac{\lambda_1(\lambda_2 + \mu_2 + v_2) + \lambda_2 v_2}{D}, \quad (7.17)$$

$$q_1 = \frac{\lambda_2(\lambda_1 + \mu_1 + v_1) + \lambda_1 v_1}{D},$$

где:

$$D = (\lambda_1 + \mu_1 + v_1)(\lambda_2 + \mu_2 + v_2) - v_1 v_2. \quad (7.18)$$

В общем случае решение зависит от шести параметров, и получение оптимальных результатов требует исследования возможных вариантов с учетом особенностей и ограничений конкретной системы. Для нахождения значимых характеристик СМО следует вычислить пропускную способность системы и среднее время обработки запроса. Потoki, обрабатываемые двумя подсистемами, суммарно дают значение:

$$\beta = \mu_1 p_1 + \mu_2 q_2. \quad (7.19)$$

Соответствующая пропускная способность оценивается как:

$$\alpha = \frac{\beta}{\lambda_1 + \lambda_2} \alpha = \frac{\beta}{\lambda_1 + \lambda_2}. \quad (7.20)$$

Среднее время обработки запроса рассчитывается как среднее время обработки запроса в канале, усредненное по каналам, и его можно определить как $T = 1/\beta$ $T = 1/\beta$.

Рассмотрим возможность инновации в контактном центре диспетчерской службы с учетом использования интеллектуального голосового ответчика на примере ООО «Техника Сервис Агро». Сегодня ТСА – это: конструкторское бюро, разрабатывающее и постоянно совершенствующее самые современные сельскохозяйственные машины; мощная производственная площадка, расположенная в ближнем пригороде Воронежа на площади 6 Га, из них 3 Гектара под крышей. Современные цеха, развитая инфраструктура, промышленное оборудование лучших мировых производителей, включая роботизированные комплексы, автоматическую линию покраски, станки с ЧПУ, позволяют выпускать продукцию мирового уровня в практически неограниченном количестве; торговый комплекс с выставочным залом, делающий общение с партнерами максимально продуктивным и комфортным; развитая дилерская сеть, приближающая поставки оборудования, запасных частей и сервиса прямо к покупателю. Стратегическим ориентиром компании является производство оборудования, на котором покупатели зарабатывают максимальную прибыль с минимальными издержками на эксплуатацию и ремонт.

Основная продукция ООО «Техника Сервис Агро» – сеялки точного высева, сеялки зерновые и машины для очистки и транспортировки зерна. Являясь сходными по назначению с оборудованием других производителей, они существенно отличаются от них конструктивно. Ежегодные посещения крупнейших мировых выставок сельскохозяйственной техники приносят свои плоды: совершенствование производства на нашем предприятии не прекращается [116].

Для оценки потока заявок на текущий ремонт оборудования с использованием прототипов модельного ряда используем графическую визуализацию (Рису-

нок 7.11)

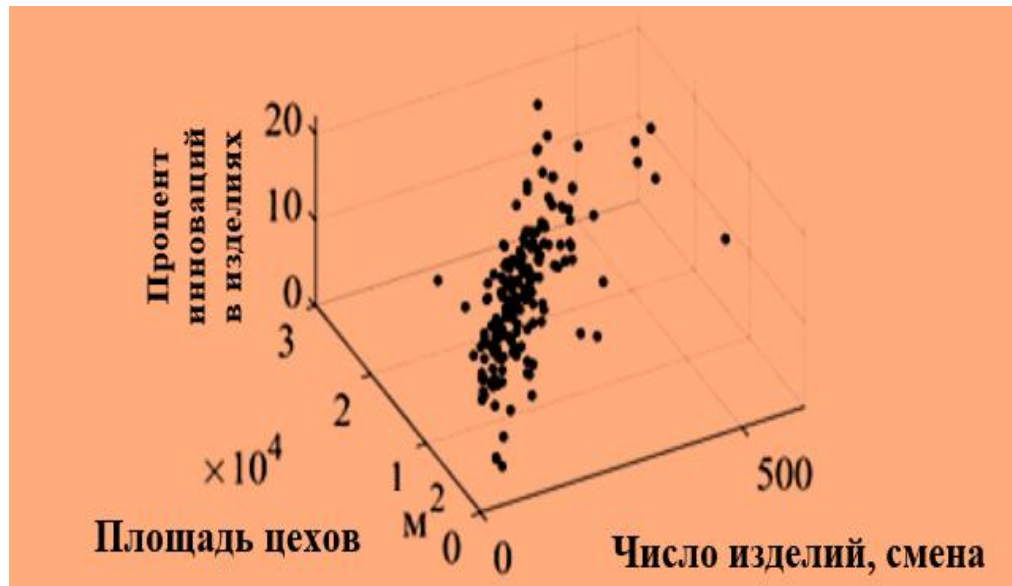


Рисунок 7.11 – Параметры объектов

Кластеризация данных на три кластера методом k-средних дает результаты, приведенные в Таблице 7.1. Между количеством производственных помещений и общим количеством изделий существует очевидная корреляция. Средние площади производственных помещений, соответствующие центрам кластеров, равны, соответственно, $153,2 \text{ м}^2$, $154,4 \text{ м}^2$ и 147 м^2 . Значимое отличие наблюдается только в кластере для изделий для обслуживания которых требуются минимальные площади.

Таблица 7.1 – Центры кластеров

Количество изделий	Площадь производственных помещений, шт	Процент рекламаций, %
395	21010	13
207	11260	14
118	5550	15

Для ремонта оборудования требуется провести диагностику и установит конкретный узел и агрегат требующий замены (как правило, они не ремонтпригодны). Каждый из видов заявок на ремонт оборудования моделируются своим

стационарным пуассоновским потоком. В таком случае сложение отдельных потоков даст также стационарный пуассоновский поток с интенсивностью, равной сумме интенсивностей отдельных составляющих. Скорость потока обращений λ складывается из скоростей по объектам в виде:

$$\lambda = \sum_{k,j} N_k n_{kj} \lambda_j \quad \lambda = \sum_{k,j} N_k n_{kj} \lambda_j. \quad (7.21)$$

Здесь N_k - число изделий с номером k , n_{kj} - среднее число устройств вида j . Скорость отказов выражается через средний срок эксплуатации устройства по формуле $\lambda_j = 1/T_j$. С учетом кривой интенсивности отказов внесены повышающие коэффициенты 1,5 в начальный и конечный периоды эксплуатации, занимающие каждый по 10% от среднего периода эксплуатации, и понижающие коэффициент 0,9 в среднем этапе нормальной эксплуатации.

Рассчитанное по данным ООО «Техника Сервис Агро» среднее число общих заявок составляет 114 в сутки, а среднеквадратичное отклонение составляет 10,7. Если взять восьмичасовой рабочий день диспетчера, то поступление заявок происходит со средней скоростью одна заявка за 4 минуты. Произведя расчет с поправками на износ, получим, что суточный объем заявок составит 117 за счет увеличения их в начальный период повышенного числа отказов. Результаты расчета для потока заявок укладываются в характерный норматив работы диспетчера в 18 звонков в час (144 заявки в смену), но близки к пороговому значению, что предопределяет наличие отказов в обслуживании почти в половине случаев.

Программа расчета потока заявок реализована в пакете MATLAB.

На Рисунке 7.12 представлен результат расчета зависимости пропускной способности системы как функции коэффициента предпочтения g .

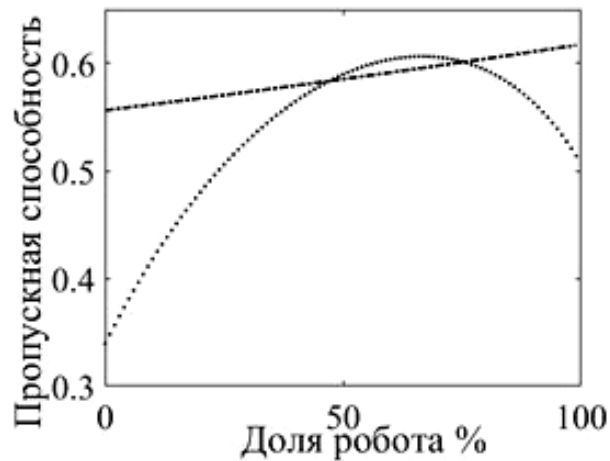


Рисунок 7.12 – Зависимость пропускной способности системы от распределения заявок при скорости обслуживания роботом 15 запросов/час

При $r=0,15$ пропускная способность составит 0,56, что является не вполне удовлетворительной характеристикой. Очевидно, это связано с тем, что большая часть заявок обрабатывается диспетчером-человеком, производительности которого недостаточно для такого потока заявок.

Приведенные на Рисунке 7.12 результаты, показывают, что система с обменом заявками менее чувствительна к распределению ресурсов, чем система, в которой распределение по диспетчерам происходит сразу на входе системы и далее не меняется. Пунктиром показаны результаты при раздельной обработке звонков. Штрих-пунктиром представлены результаты расчетов при совместной обработке звонков. Не давая гарантированного выигрыша в пропускной способности, система с обменом заявками позволяет построить более устойчивую к поведению пользователей схему обработки обращений.

На Рисунке 7.13 для сравнения показаны результаты расчетов при увеличении скорости обслуживания диспетчером-роботом в десять раз до 150 запросов/час.

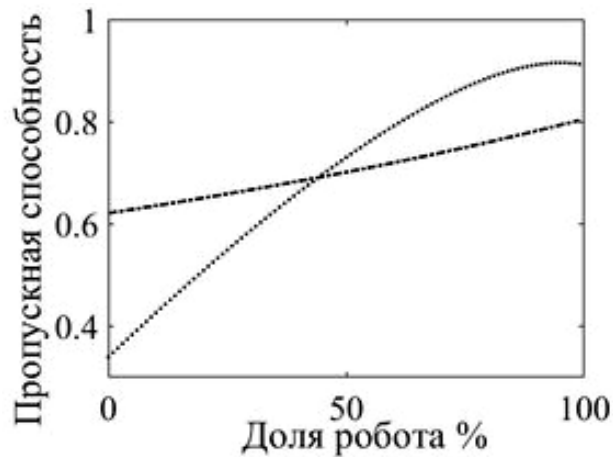


Рисунок 7.13 – Зависимость пропускной способности системы от коэффициента предпочтения при скорости обслуживания роботом 150 запросов/час

Наблюдаемое увеличение максимальной пропускной способности связано с тем, что в этом случае производительность голосового робота несопоставимо выше производительности диспетчера-человека и использование их на равных постепенно теряет смысл. Полный переход на СМО с использованием высокопроизводительного ИИ позволит достичь низкого числа отказов в обслуживании при отсутствии очередей.

7.3 Структура 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 [123].** (Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2024615678. Зарегистрирована в Реестре программ для ЭВМ 12.03.2024). 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 [124]. (Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2024615689. Зарегистрирована в Реестре программ для ЭВМ 12.03.2024). 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 [125]. (Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2024684526. Зарегистрирована в Реестре программ для ЭВМ 17.10.2024). Обеспечивает функционирование разработанных: **модели классификации и планирования уникальных изделий**, подлежащих обязательному 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 [126]. (Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2024684902. Зарегистрирована в Реестре программ для ЭВМ 22.10.2024). Обеспечивает функционирование разработанных моделей поколений инновационного развития.

5. Двухэтапное управление инновационными проектами [127]. (Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2025611114. Зарегистрирована в Реестре программ для ЭВМ 16.01.2025). 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, предъ-

являемым 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 7.14.

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

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 конфигуратора 1С.ERP.

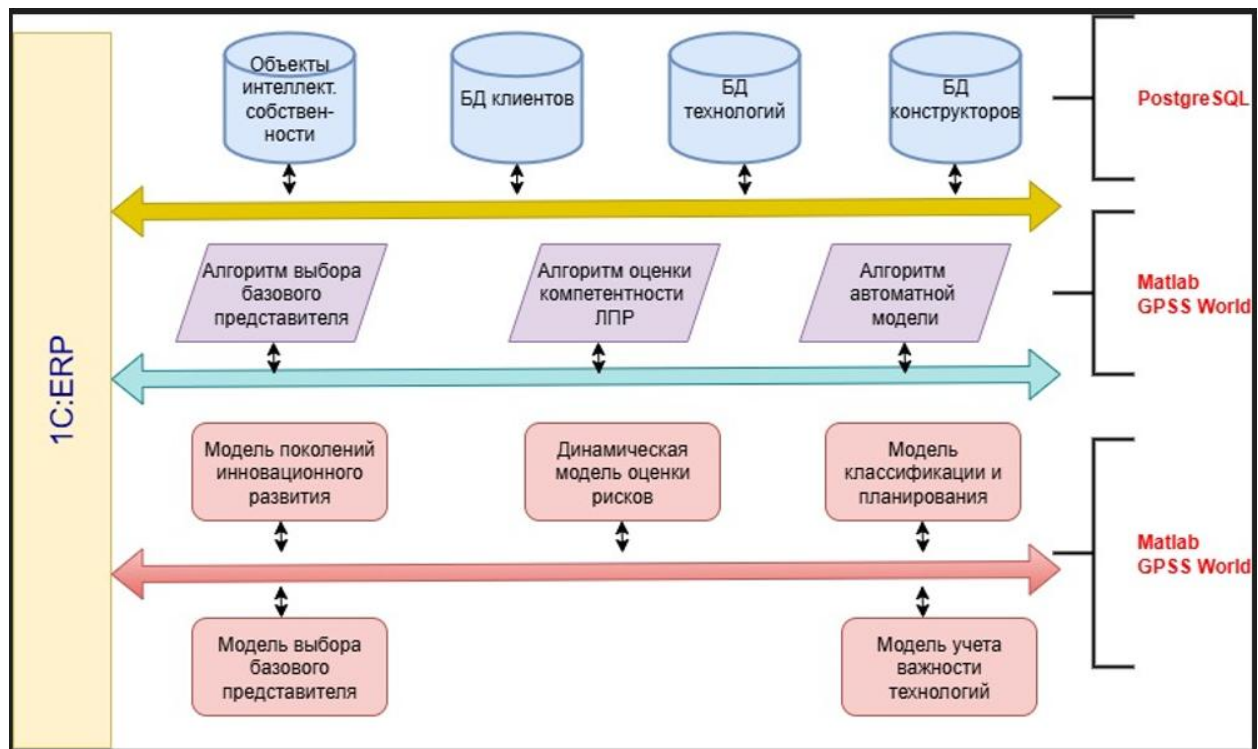


Рисунок 7.14 – Структура информационной поддержки в системе формирования эффективных стратегий реализации инновационных проектов

На Рисунке 7.15 представлен фрагмент интерфейса процессом формирования инновационного проекта по ресурсам для изменённого конфигуриатора 1C.ERP. Для этого сформируем датасет на базе Google таблиц.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Мероприятие	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	Целевая функция	
2	Его вес	5	9	6	7	4	2	8	3	1892,3	
3	Матрица необходимых ресурсов										
4	Ресурс\Мероприят.	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	Запас ресурса	
5	R1	24	17	13	25	12	23	18	19	131	
6	R2	19	22	23	17	22	18	22	15	138	
7	R3	20	10	13	15	16	21	12	20	107	
8	R4	20	18	8	12	22	24	8	20	112	
9	R5	21	22	15	23	8	23	23	14	129	
10	R6	11	12	8	17	15	18	13	12	86	
11	R7	24	17	14	17	11	18	9	13	103	
12	Матрица достаточных ресурсов										
13	Ресурс\Мероприят.	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8		
14	R1	20	14	7	22	7	16	15	14		
15	R2	15	17	22	10	21	13	20	13		
16	R3	18	7	10	13	11	16	6	18		
17	R4	16	14	4	11	17	17	2	19		
18	R5	16	21	10	18	2	19	19	11		
19	R6	4	8	6	16	14	16	10	5		
20	R7	21	13	7	15	5	17	7	6		

Рисунок 7.15 – Исходные данные для автоматизированного распределения

Для решения задачи линейного программирования выделяем под переменные диапазон ячеек B23-I29 и вводим в них произвольные числа, можно их оставить пустыми.

Остальные ячейки оформляем в соответствии с Рисунком 7.16. Там же приведены параметры надстройки «Поиск решений» (Solver), которая непосредственно выполняет решение оптимизационной задачи

Для проверки адекватности модели распределения ресурсов по инновационным проектам были проведены вычислительные эксперименты, которые заключались в генерации различных условий для распределения ресурсов на задачи.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
21		Матрица распределения ресурсов										
22	Ресурс\Мероприят.	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	Потрачено ресурса		
23	R1	24	17	10	25	7	16	18	14		131	
24	R2	15	20	23	10	22	13	22	13		138	
25	R3	20	10	11	15	11	16	6	18		107	
26	R4	16	18	8	12	17	17	4	20		112	
27	R5	16	22	13	23	2	19	23	11		129	
28	R6	4	8	8	17	15	16	13	5		86	
29	R7	24	17	7	17	5	18	9	6		103	
30		Расчет целевой функции										
31	Ресурс\Мероприят.	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8		Резерв	
32	R1	30	51	10	58,3	5,6	4,57	48	8,4		0	
33	R2	18,8	36	138	10	88	5,2	88	19,5		0	
34	R3	50	30	22	52,5	8,8	6,4	8	27		0	
35	R4	20	40,5	12	84	13,6	4,86	5,33	60		0	
36	R5	16	198	15,6	32,2	1,33	9,5	46	11		0	
37	R6	2,86	18	24	119	60	16	34,7	2,14		0	
38	R7	40	38,3	6	59,5	3,33	36	36	2,57		0	

Рисунок 7.16 – Результаты распределения ресурсов между мероприятиями

Эксперименты показали высокую устойчивость решения к внешним условиям, отсутствие ограничений на исходные данные и однозначность получаемого результата. Это может служить основанием того, что разработанная модель пригодна для практического использования в планировании и управлении инновационными проектами.

Было проведено более 50 вычислительных экспериментов, которые показали, что средняя эффективность оптимального распределения ресурсов по сравне-

нию с традиционными способами составляет 34,513 % (для примера данных из Рисунка 7.16, эффективность составила 36,25 %).

Данный программный модуль был апробирован в строительной компании АО СЗ «ДСК» и внедрен в ее деятельность.

Пример 7.1. Рассмотрим пример одного из расчетов. Строительная компания производит работы на 7 строительных объектах, для которых требуется распределение трудовых ресурсов по 6 видам работ. Данные по строительным объектам и ресурсам приведены в Таблице 7.2.

Таблица 7.2 – Исходные данные для примера апробации модели

Строительные объекты	ЖК "Яблоневые сады"	ЖК «Черемушки»	ЖК «Ленинградский квартал»	ЖК "Лазурный"	ЖК "Новый Современник"	ЖК "Европейский"	ЖК "Ласточкино"
Вес W_i	5	5	7	6	6	9	5
Необходимые ресурсы							
1. Плиточные работы	24	17	13	25	12	23	18
2. Чистовая отделка стен	19	22	23	17	22	18	22
3. Малярные работы	20	10	13	15	16	21	12
4. Укладка напольных покрытий	20	18	8	12	22	24	8
5. Монтаж натяжных потолков	21	22	15	23	8	23	23
6. Установка бойлеров и водонагревателей	11	12	8	17	15	18	13
Достаточные ресурсы							
1. Плиточные работы	20	14	7	22	7	16	15
2. Чистовая отделка стен	15	17	22	10	21	13	20
3. Малярные работы	18	7	10	13	11	16	6
4. Укладка напольных покрытий	16	14	4	11	17	17	2
5. Монтаж натяжных потолков	16	21	10	18	2	19	19
6. Установка бойлеров и водонагревателей	4	8	6	16	14	16	10

В качестве единицы измерений трудового ресурса является односменная (8 часов) выработка одним исполнителем.

Запас трудового ресурса по видам работ для строительной организации в определенный период времени составляет:

Плиточные работы – 140;

Обивка стен обоями – 138;

Малярные работы – 109;

Укладка напольных покрытий – 103;

Монтаж натяжных потолков – 115;

Установка бойлеров и водонагревателей – 86.

Вводим исходные данные в расчетный лист MS Excel, как показано на Рисунке 7.17.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Строительные объекты	ЖК "Яблоневые сады"	ЖК «Черемушки»	ЖК «Ленинградский квартал»	ЖК "Лазурный"	ЖК "Новый Современник"	ЖК "Европейский"	ЖК "Ласточкино"		Запас ресурса	
2	Вес W_i	5	5	7	6	6	9	5			
3	Необходимые ресурсы										
4	1. Плиточные работы	24	17	13	25	12	23	18		140	
5	2. Обивка стен обоями	19	22	23	17	22	18	22		138	
6	3. Малярные работы	20	10	13	15	16	21	12		109	
7	4. Укладка напольных покрытий	20	18	8	12	22	24	8		103	
8	5. Монтаж натяжных потолков	21	22	15	23	8	23	23		115	
9	6. Установка бойлеров и водонагревателей	11	12	8	17	15	18	13		86	
10	Достаточные ресурсы										
11	1. Плиточные работы	20	14	7	22	7	16	15		Целевая функция	
12	2. Обивка стен обоями	15	17	22	10	21	13	20		1617,104762	
13	3. Малярные работы	18	7	10	13	11	16	6			
14	4. Укладка напольных покрытий	16	14	4	11	17	17	2			
15	5. Монтаж натяжных потолков	16	21	10	18	2	19	19			
16	6. Установка бойлеров и водонагревателей	4	8	6	16	14	16	10			

Рисунок 7.17 – Расчетный лист Excel. Исходные данные

Для выполнения задачи линейного программирования (7.27) необходимо выделить диапазон ячеек от B20 до H25 в качестве переменных и заполнить их произвольными числами, при этом их можно оставить пустыми. Оставшиеся ячейки следует оформить в соответствии с изображением на Рисунке 7.17, и расчётные функции в MS Excel нужно привести в соответствии с данными из Таблицы 7.3.

Таблица 7.3 – Расчетные формулы для решения задачи в MS Excel

Лист MS Excel		
Ячейка	Формула	Диапазон автозаполнения
J12	=СУММ (B28:H33)	-
J20	=СУММ (B20:H20)	J20- J25
B28	=B\$2*B20/(B4-B11)	B28-H33
J28	=J4-J20	J28- J33
Параметры надстройки «Поиск решений»		
Поле	Значение	
Ячейка целевой функции	\$J\$12	
Направление оптимизации	Максимум	
Изменяемые переменные	\$B\$20: \$H\$25	
Ограничения	\$B\$20: \$H\$25 <= \$B\$4: \$H\$9	
Ограничения	\$B\$20: \$H\$25 >= \$B\$11: \$H\$16	
Ограничения	\$J\$20: \$J\$25 <= \$J\$4: \$J\$9	
Ограничения	\$B\$20: \$H\$25 = целое	

В данной таблице также указаны параметры надстройки "Поиск решений" (Рисунок 7.18), которая непосредственно используется для решения оптимизационной задачи.

Рисунок 7.18 – Заполнение окна «Поиск решений»

После выполнения операций с помощью надстройки "Поиск решений" были получены результаты, которые представлены на Рисунке 7.19.

Оптимальное распределение ресурсов, необходимых для строительных объ-

ектов, отражено на Рисунке 7.19 в диапазоне ячеек от B20 до I25. Предложенное решение является оптимальным.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
18		Матрица распределения ресурсов								
19		ЖК "Яблоневые сады"	ЖК «Черемушки»	ЖК «Ленинградский квартал»	ЖК "Лазурный"	ЖК "Новый Современник"	ЖК "Европейский"	ЖК "Ласточкино"		Потрачено ресурсов
20	1. Плиточные работы	24	17	13	25	12	23	18		132
21	2. Обивка стен обоями	19	22	23	12	22	18	22		138
22	3. Малярные работы	20	10	13	15	16	21	12		107
23	4. Укладка напольных покрытий	20	18	8	12	19	24	2		103
24	5. Монтаж натяжных потолков	16	22	15	18	2	23	19		115
25	6. Установка бойлеров и водонагревателей	4	11	8	17	15	18	13		86
26		Расчет целевой функции								
27		ЖК "Яблоневые сады"	ЖК «Черемушки»	ЖК «Ленинградский квартал»	ЖК "Лазурный"	ЖК "Новый Современник"	ЖК "Европейский"	ЖК "Ласточкино"		Резерв
28	1. Плиточные работы	30	28,33333333	15,16666667	50	14,4	29,57142857	30		8
29	2. Обивка стен обоями	23,75	22	161	10,2857143	132	32,4	55		0
30	3. Малярные работы	50	16,66666667	30,33333333	45	19,2	37,8	10		2
31	4. Укладка напольных покрытий	25	22,5	14	72	22,8	30,85714286	1,66666667		0
32	5. Монтаж натяжных потолков	16	110	21	21,6	2	51,75	23,75		0
33	6. Установка бойлеров и водонагревателей	2,85714286	13,75	28	102	90	81	21,66666667		0

Рисунок 7.19 – Расчетный лист Excel. Результаты распределения ресурсов

Таким образом, предложенная модель распределения ресурсов приводит к значительному увеличению эффективности организации и управления строительными проектами и увеличивает вероятность своевременного их завершения с минимальными затратами.

При строительстве ЖК издержки, связанные с дефицитом человеческого ресурса, сократились примерно на 10%.

На Рисунке 7.20 представлены зависимости вероятностей необходимого количества запасов на строительном объекте в объеме, достаточном на период от 1 до 3 суток, а на Рисунке 7.21 приведены эти же зависимости для временных периодов от 4 до 7 суток.

Таким образом, как и следовало ожидать, вероятность отсутствия дефицита ресурса растет с увеличением приведенной интенсивности и с уменьшением срока последующего пополнения запаса.

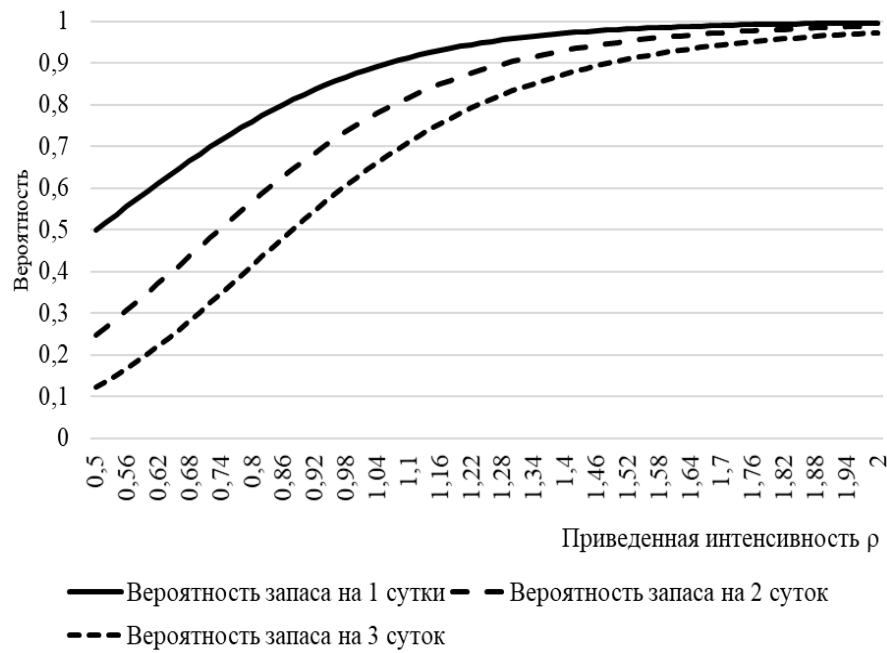


Рисунок 7.20 – Вероятности зависимости запасов на строительном объекте на период от 1 до 3 суток, как функции от приведенной интенсивности ρ

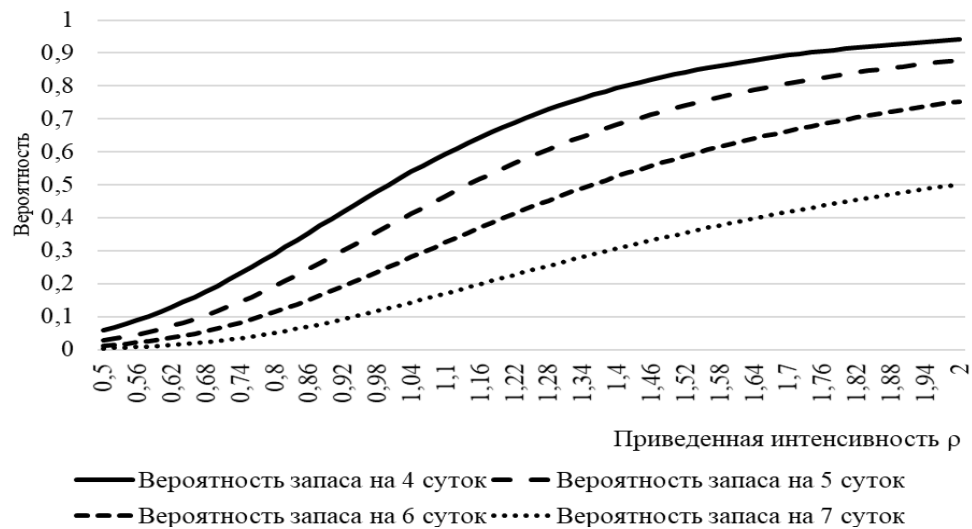


Рисунок 7.21 – Вероятности зависимости запасов на строительном объекте на период от 4 до 7 суток, как функции от приведенной интенсивности ρ

Применение разработанного программного комплекса в реальной практике АО СЗ «ДСК» показало, что модель управления запасами действительно эффективна, и по экспертным оценкам менеджеров в сфере строительства позволит сэкономить от 5 до 10 % денежных средств, связанных с издержками от приоста-

новки строительных работ из-за нехватки необходимых ресурсов при реализации инновационных проектов.

7.4 Выводы

Разработана общая структура управления программными средствами, которые были получены в ходе диссертационных исследований, а именно:

1. Программа расчета показателей рисков при реализации инновационных проектов [123]. (Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2024615678. Зарегистрирована в Реестре программ для ЭВМ 12.03.2024). 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 [124]. (Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2024615689. Зарегистрирована в Реестре программ для ЭВМ 12.03.2024). 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 [125]. (Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2024684526. Зарегистрирована в Реестре программ для ЭВМ 17.10.2024). Обеспечивает функционирование разработанных: **модели классификации и планирования уникальных изделий**, подлежащих обязательному 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 [126]. (Свидетельство о регистрации программы для

ЭВМ № 2024684902. Зарегистрирована в Реестре программ для ЭВМ 22.10.2024). Обеспечивает функционирование разработанных моделей поколений инновационного развития.

5. Двухэтапное управление инновационными проектами [127]. (Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2025611114. Зарегистрирована в Реестре программ для ЭВМ 16.01.2025). Обеспечивает функционирование разработанных: многокритериальной модели задачи выбора базового представителя направления развития и автоматной модели сложной системы.

Указанные программы функционируют в среде **1C.ERP**.

Проведена оценка эффективности разработанного программного обеспечения, так предложенные решения позволили: сократить время выбора проекта на первом этапе (выбор проекта) на 3-5%;и сократить время выполнения проекта по временным и финансовым показателям на втором этапе на 5-7%; уменьшить ущерб от воздействия рисков на реализацию проекта в среднем на 5%; в результате оптимизации системы проектного управления ресурсами, осуществлять корректировку нормативных величин управления ресурсами и запасами, что позволит экономить конкретному предприятию порядка 6-8 % на издержках, связанных с дефицитом ресурсов, а информационная модель управления запасами позволила сэкономить от 5 до 10 % денежных средств, связанных с издержками от приостановки строительных работ из-за нехватки необходимых ресурсов при реализации инновационных проектов.

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 максими-

зировать 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. 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.

Рекомендации и перспективы дальнейшей разработки темы:

1. Результаты диссертационного исследования рекомендуются к примене-

нию в больших информационных системах, основанных на агентной архитектуре, для повышения скорости и безопасности обработки данных.

2. Для оценки влияния неучтенных факторов при моделировании социально-экономических систем возможно применение методики оценки неразложимого остатка, с уменьшением размерности исходной задачи за счет агрегирования исходных факторов.

3. Дальнейшая разработка темы будет направлена на практическую реализацию теоретических и алгоритмических результатов, интеграцию в наиболее распространенные распределенные системы. Развитие результатов будет направлено на улучшение модифицируемости и реконфигурируемости агентных систем.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Авдеенко В.Н., Котлов В.А. Производственный потенциал промышленного предприятия. – М.: Экономика, 1989. – 240 с.
2. Аверина Т.А., Бурков В.Н., Бородин А.Р., Сычев А.П. Моделирование оптимальной очередности реализации инновационных проектов // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2009. Т. 5. № 1. С. 54–58.
3. Агафонов С.А. Дифференциальные уравнения. Вып. VIII. - М.: МГТУ, 2011. - 347 с.
4. Амелькин В.В. Автономные и линейные многомерные дифференциальные уравнения. - М.: УРСС, 2010. - 144 с.
5. Ананьев А.В., Иванников К.С., Моисеев С.И. Методика принятия решений в условиях неопределенности с использованием теории латентных переменных// Системы управления и информационные технологии. 2022. № 2 (88). С. 31-36.
6. Арнольд В.И. Обыкновенные дифференциальные уравнения. М.: МЦНМО. 2012. 344 с.
7. Асатурова Ю.М., Хватова Т.Ю. Повышение инновационной активности предприятий в условиях дефицита финансов // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2019. Т. 12, № 1. С. 132–144.
8. Баркалов С.А. Модели и методы в управлении и экономике с применением информационных технологий: учебное пособие/ С.А. Баркалов, С.И. Моисеев, В.Л. Порядина. — СПб.: Интермедия, 2017. 264 с.
9. Баркалов С.А. Построение интегральной оценки организационно-технологических решений на основе сингулярных разложений. / С.А. Баркалов, П.Н. Курочка // Системы управления и информационные технологии. Научно-технический журнал. №2 (64), 2016. Воронеж. 2016 г. – с. 39 – 46.
10. Баркалов С.А. Формирование производственной программы строительного предприятия. / С.А. Баркалов, П.Н. Курочка, Д.Н. Золотарев// Экономика и менеджмент систем управления / Научно-практический журнал, № 1.1(19) 2016. –

с. 110-119.

11. Баркалов С.А. Формирование управленческого решения на основе построения комплексных оценок. / С.А. Баркалов, П.Н. Курочка // ФЭС: Финансы. Экономика. Стратегия. 2017. № 9. С. 67-76.

12. Баркалов С.А., Бурков В.Н., Курочка П.Н., Скворцов В.О. Теория систем и системный анализ / С.А. Баркалов, В.Н. Бурков, П.Н. Курочка, В.О. Скворцов // Воронеж, ООО "Издательство "Научная книга". – 2009. – 625 с.

13. Баркалов С.А., Глушков А.Ю., Моисеев С.И. Динамическая модель разработки и реализации проекта под влиянием внешних факторов. - Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». – 2020. – Т. 20, № 3. – С. 76–84.

14. Баркалов С.А., Курочка П.Н. Формирование управленческого решения на основе построения комплексных оценок / ФЭС: Финансы. Экономика. 2017. № 6. С. 30-36.

15. Баркалов С.А., Курочка П.Н., Курносов В.Б. Статистика / С.А. Баркалов, П.Н. Курочка, В.Б. Курносов // Воронеж, «Научная книга», 2010. – 728 с.

16. Баркалов С.А., Курочка П.Н., Мищенко В.Я. Генезис процессов организационно-технологического моделирования строительного производства// Известия высших учебных заведений. Строительство. 2020. № 9 (741). С. 76–92.

17. Баркалов С.А., Моисеев С.И., Порядина В.Л. Математические методы и модели в управлении и их реализация в MS Excel. - Воронеж, Воронежский ГАСУ. 2015.- 265 с.

18. Баркалов, С.А. Алгоритм расчета временных параметров графа и прогнозирования срока завершения моделируемого процесса / Баркалов С.А., Нехай Р.Г. / Научно-технический журнал Системы управления и информационные технологии, издательство "Научная книга" 2015 г. С. 114-118

19. Баркалов, С.А. Задача оптимальной диверсификации при формировании портфелей проектов / И.И. Андреянова, С.А. Баркалов, И.В. Буркова // Системы управления и информационные технологии. Научно-технический журнал № 2.1 (52). Москва-Воронеж: "Научная книга", 2013 – с. 186-188.

20. Баркалов, С.А. Задачи оперативного управления проектами / Баркалов С.А., Бурков В.Н., Уандыков Б.К. // Научно-практический журнал Экономика и менеджмент систем управления, Воронеж: "Научная книга" 2015 – с. 1-4.
21. Баркалов, С.А. Задачи распределения ресурсов по множеству независимых строительных проектов / С.А. Баркалов, В.Н. Бурков, О.В. Будков, Ю.Ф. Устинов // «Системы управления и информационные технологии» Научно-техн. Журнал. Москва-Воронеж: «Научная книга», № 4.1 (46), 2011. – с. 115-118.
22. Баркалов, С.А. Модели и методы управления проектами при организационно-технологическом проектировании строительства / С.А. Баркалов, П.Н. Курочка, Л.Р. Маилян, И.С. Суровцев – Воронеж, 2013.
23. Баркалов, С.А. Модели и механизмы управления недвижимостью / С.А. Баркалов, В.Н. Бурков, П.Н. Курочка - М.: Уланов-пресс, 2007. – 309 с.
24. Баркалов, С.А. Оптимизация объемов работ в управлении проектами / С.А. Баркалов, В.Л. Порядина, Д.Н. Золоторев / Экономика и менеджмент систем управления. Научно-практический журнал. 2(12) 2014 – с. 11-20.
25. Баркалов, С.А. Управление проектно-строительными работами / С.А. Баркалов, П.Н. Курочка, М.П. Михин, П.В. Михин. – Воронеж: ВГАСУ, 2012. – 422 с.
26. Белов М.В. Оптимальное управление жизненными циклами сложных изделий, объектов, систем. / М.В. Белов // Проблемы управления, 2022, выпуск 1. – с. 19-32.
27. Бородин А.Р. Модели выбора и оценивания проектов // Системы управления эволюцией организации: сборник трудов по материалам IV Международной конференции. Санья, 2007. С. 207–215.
28. Бреер В.В. Теоретико-игровая модель неанонимного порогового конформного поведения // Управление большими системами. – 2010. – № 31. – С. 162 – 176.
29. Бреер В.В., Новиков Д.А., Рогаткин А.Д. Управление толпой: математические модели порогового коллективного поведения. – М.: ЛЕНАНД, 2016. – 168 с.

30. Бурков В.Н., Буркова И.В. Задачи дихотомической оптимизации. М.: Радио и связь, 2003. 156 с.
31. Васильев Д. К., Заложнев А. Ю., Новиков Д. А., Цветков А. В. Типовые решения в управлении проектами. – М.: ИПУ РАН, 2003. – 74 с.
32. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения. - М.: Высш. шк. 1998. 354 с.
33. Вержбицкий, В.М. Вычислительная линейная алгебра / В.М. Вержбицкий // М.: Высш. шк., 2009. – 351 с.
34. Гармаш А.Н. Математические методы в управлении / А.Н. Гармаш, И.В. Орлова. - М.: Вузовский учебник, 2018. - 240 с.
35. Герасименко Е.М. Метод потенциалов для определения заданного потока минимальной стоимости в нечетком динамическом графе // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2014. – № 4 (153). – С. 83-89.
36. Гладкова Ю.В., Гладков В.П. Этапы принятия управленческих решений// Вестник Пермского государственного технического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. 2010. № 4. С. 39-44.
37. Гмошинский В.Г. Инженерное прогнозирование технологии строительства. – М.: Стройиздат, 1988. – 296 с.
38. Гнеденко, Б.В. Введение в теорию массового обслуживания / Б.В. Гнеденко. - Москва: Огни, 2017. - 195 с.
39. Губанов Д.А., Новиков Д.А. Чхартишвили А.Г. Социальные сети: Модели информационного влияния, управления и противоборства / Д.А. Губанов, Д.А. Новиков, А.Г. Чхартишвили. – М.: Изд-во физматлит, 2010. – 228 с.
40. Губанов Д.А., Новиков Д.А., Чхартишвили А.Г. Социальные сети. Модели информационного влияния, управления и противоборства. М.: Физматлит, 2010. 228 с.
41. Гунина И.А. Механизм развития экономического потенциала промышленного предприятия: теория, методы: монография. – Воронеж: Научная книга, 2005. – 238 с.
42. Дранко О.И. Модель финансового прогнозирования и сценарии внут-

- ренных инвестиций / О.И. Дранко // Пробл. управл., выпуск 1. – 2007. – с. 37–40.
43. Жиякова Л.Ю. Графовые динамические модели и их свойства, Автомат. и телемех., 2015, выпуск 8, 115–139
 44. Жиякова Л.Ю., Кузнецов О.П. Теория ресурсных сетей / Л.Ю. Жиякова, О.П. Кузнецов. – М.: РИОР: ИНФРА-М, 2017. – 283 с.
 45. Жиякова Л.Ю., Кузнецов О.П. Теория ресурсных сетей. М.: РИОР: ИНФРА-М, 2017. 283 с.
 46. Зуховицкий, С. И. Математические методы сетевого планирования / С.И. Зуховицкий, И.А. Радчик. - М.: Главная редакция физико-математической литературы издательства "Наука", 2017. - 296 с.
 47. Ивахненко А.Г. Обзор задач, решаемых по алгоритмам Метода Группового Учета Аргументов (МГУА) // GroupMethodofDataHandling [электронный ресурс]. URL: <http://www.gmdh.net/articles/rus/obzor zad.pdf>.
 48. Ильин В. А., Позняк Э. Г. Линейная алгебра. — М.: Физматлит, 2004. — 280 с.
 49. Карпенко А.П. Современные алгоритмы поисковой оптимизации. Алгоритмы, вдохновленные природой / А.П. Карпенко. – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017. – 446 с.
 50. Карсунцева О.В Производственный потенциал предприятия машиностроения: оценка, динамика, резервы повышения: Монография. – М: ИНФРА-М, 2014. – 211с.
 51. Кофман А., Анри-Лабордер А. Методы и модели исследования операций. – М.: Мир, 1977. – 432 с.
 52. Кристофидес Н. Теория графов. Алгоритмический подход. – М.: Мир, 1978. – 435 с.
 53. Курочка П.Н. Оценка надежности организационных структур произвольного вида, задающихся планарным графом / П.Н. Курочка, В.Г. Тельных // Научный вестник Воронеж. гос. арх.-строит. ун-та. Строительство и архитектура. – 2011. – № 3 (23). - С. 134–141.
 54. Курочка П.Н. Разработка моделей и механизмов организационно-

технологического проектирования строительного производства: дис. ... д-ра техн. наук. - Воронеж, 2004.

55. Курочка П.Н., Сеферов Г.Г. Модель управления объемами незавершенного производства при произвольной связи между работами проекта // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2011. – Т. 7, № 4. – С. 178–182.

56. Курочка П.Н., Чередниченко Н.Д. Задачи ресурсного планирования в строительном проекте / П.Н. Курочка, Н.Д. Чередниченко // В сборнике: XII всероссийское совещание по проблемам управления ВСПУ-2014. Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН. 2014. С. 4745-4753.

57. Курочка, П.Н. Выбор вариантов выполнения работ по содержанию объектов недвижимости / П.Н. Курочка, Г.Г. Сеферов // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2011 – Т. 7, №4. – с. 203 – 208.

58. Курочка, П.Н. Критичность в сетях с нечеткими продолжительностями операций / П.Н. Курочка, А.М. Потапенко, И.В. Фёдорова // Системы управления и информационные технологии. Научно-технический журнал. Москва-Воронеж, т. 21, № 4, 2005. – с. 43-45.

59. Курочка, П.Н. Модели распределения ресурсов в строительном проекте / Курочка П.Н., Симоненко А.Н., Чередниченко Н.Д. // Технология и организация строительного производства. – Москва: АНО "Международный центр по развитию и внедрению механизмов саморегулирования", 2013. №4(5). – 46 – 48 с.

60. Курочка, П.Н. Модель определения надежности при нечетких сведениях о степени надежности [Текст] / Курочка П.Н., Маилян А.Л. / «Системы управления и информационные технологии» Научно-техн. Журнал. Москва-Воронеж, Научная книга, № 3.1 (49), 2012. - С. 192-197

61. Курочка, П.Н. Модель определения оптимальной очередности выполнения строительных проектов на основе обобщения задачи о редакторе / П.Н. Курочка, Е.В. Коновальчук, А.А. Новиков // Системы управления и информационные технологии. 2007. № 3. – С. 58 -64.

62. Курочка, П.Н. Модель управления объемами незавершенного произ-

водства при произвольной связи между работами проекта / П.Н. Курочка, Г.Г. Сеферов // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2011. Т. 7. № 4. С. 178-182.

63. Ловас Л., Пламмер М. Прикладные задачи теории графов. Теория паросочетаний в математике, физике, химии. Пер. с англ. М.: Мир, 1998.

64. Мазалов В.В. Математическая теория игр и приложения. - М.: Лань, 2017. - 541 с.

65. Мак-Кинси Дж. Введение в теорию игр. - М.: Гос. изд-во физ-мат литературы, 1960. - 420 с.

66. Маликов Д.З. Этапы разработки управленческих решений // Вестник науки. 2020. Т. 4. № 5 (26). С. 116-120.

67. Матальцкий М.А. Элементы теории случайных процессов: учеб. пособие. Гродно: ГрГУ. 2004. 326 с.

68. Медведев С.Н. Жадные и адаптивный алгоритмы решения задачи маршрутизации транспортных средств с несколькими центрами с чередованием объектов /С.Н. Медведев // Автоматика и телемеханика, 2023, Выпуск 3. М.: ИПУ РАН. – с. 139 – 168.

69. Механизмы управления / Под ред. Д.А. Новикова. – М.: Ленанд, 2011. – 192. (Умное управление)

70. Миллер Б.М., Панков А.Р. Теория случайных процессов в примерах и задачах. М.: Физматлит. 2002. 320 с.

71. Михайлов, А. Ю. Организация строительства. Календарное и сетевое планирование / А.Ю. Михайлов. - М.: Инфра-Инженерия, 2016.- 497 с.

72. Некоторые вопросы теории игр двух лиц/ Т. Партхасаратхи, Т. Рагхаван. - М.: Мир, 2015. - 296 с.

73. Новиков Д.А. Методология управления. – М.: Либроком, 2011. – 128 с. (Серия «Умное управление»)

74. Новиков Д.А. Теория управления организационными системами. – М.: МПСИ, 2005. – 584 с.

75. Новиков Д.А., Бреер В.В., Рогаткин А.Д. Управление толпой: матема-

- тические модели порогового коллективного поведения. М.: ЛЕНАНД, 2016. 168 с.
76. Новиков Д.А., Иващенко А.А. Модели и методы организационного управления инновационным развитием фирмы. – М.: КомКнига, 2006. – 332 с.
77. Новиков, Д.А. Теория управления организационными системами. / Д.А. Новиков. – М.: Московский психолого-социальный институт, 2004. – 584 с.
78. Попков М.В. Основные этапы принятия управленческих решений // Мировая наука. 2019. № 5 (26). С. 571-576.
79. Рожкова Т.С., Невров А.А., Ветров И.И. Разработка модели распределения ресурсов в многоузловой децентрализованной системе управления потоками данных мобильных устройств // Системы управления и информационные технологии. 2021. № 4 (86). С. 14–18.
80. Рыхтикова, Н. А. Анализ и управление рисками организации / Н.А. Рыхтикова. - М.: Форум, 2019. - 240 с.
81. Селезнева И.Е., Клочков В.В., Егосин С.Ф. Математическая модель межотраслевой координации стратегий развития (на примере здравоохранения и авиастроения) // Управление большими системами. 2022, выпуск 99. М.: ИПУ РАН,. – С.57-80.
82. Серебрякова Е.А. Метод минимизации упущенной выгоды/ Баркалов С.А., Врублевская С.С., Семенов П.И., Серебрякова Е.А.//Системы управления и информационные технологии. 2006. № 3 (25). С. 29-34.
83. Серебрякова Е.А. Исследование процесса воспроизводства активной части основных фондов на примере строительной организации/ Фокина О.М., Серебрякова Е.А. //Инновационный Вестник Регион. 2015. № 4. С. 80-85.
84. Серебрякова Е.А. Финансирование инвестиций в жилищно-коммунальную сферу на базе механизма частной инициативы в концессиях / Воротынцева А.В., Провоторов И.А., Серебрякова Е.А.//Экономика и предпринимательство. 2016. № 3-2 (68). С. 398-401.
85. Серебрякова Е.А. Оценка рисков муниципалитетов, частных инвесторов и арендаторов в проектах государственно-частного партнерства/ Гасилов В.В., Польщиков Д.В., Серебрякова Е.А. // ФЭС: Финансы. Экономика. Стратегия.

2017. № 3. С. 47-51.

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

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

88. 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.

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

90. 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.

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

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

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

94. Серебрякова Е.А. Построение рейтинговой оценки на основе потоко-

вой модели/ Баркалов С.А., Курочка П.Н., Серебрякова Е.А. //Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. 2023. Т. 23. № 1. С. 31-41.

95. 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.

96. Серебрякова Е.А. Математическая модель оптимального распределения ресурсов в строительной сфере в условиях их дефицита/ Баркалов С.А., Моисеев С.И., Серебрякова Е.А. //Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. 2023. Т. 23. № 1. С. 89-99.

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

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

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

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

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

102. Серебрякова Е.А. Модели управления ресурсами в сфере строительства / Серебрякова Е.А. //Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2023. Т. 11. № 4 (43).

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

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

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

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

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

108. 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.

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

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

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

112. Серебрякова Е.А. Модель управления запасами при реализации строительных проектов, основанная на марковских случайных процессах. Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2024; URL: <https://moitvivi.ru/ru/journal/pdf?id=xxxx> DOI: 10.26102/2310-6018/2023.41.2.

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

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

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

116. Машина зерноочистительная самопередвижная МЗ-10С. <https://tese.ru/products/mz10c/index.html>.

117. 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.

118. 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.

119. 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.

120. 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.

121. 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. Sep. "22nd International Scientific Conference on Energy Management of Municipal Facilities and Sustainable Energy Technologies, EMMFT 2020" 2021. C. 11004.

122. 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.

123. 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.

124. 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.

125. 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.

126. 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

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

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

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

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

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

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

133. Серебрякова Е.А. Применение теории массового обслуживания для

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

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

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

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

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

138. Серебрякова Е.А. Динамическая модель процесса принятия решений в сфере строительства / Баркалов С.А., Моисеев С.И., Серебрякова Е.А. // 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.

139. Серебрякова Е.А. Обзор понятия инновационного потенциала пред-

приятия / Баев С.А., Серебрякова Е.А., Наумова Е.Е., Артыщенко И.С. //Проектное управление в строительстве. 2023. № 1 (28). С. 38-46.

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

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

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

143. Серебрякова Е.А. Применение марковских случайных процессов для управления рисками в строительстве /Баркалов С.А., Моисеев С.И., Серебрякова Е.А. //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.

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

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

146. Серебрякова Е.А. Применение потоковых моделей при организационно-технологическом проектировании / Баркалов С.А., Курочка П.Н., Серебрякова Е.А.//Проектное управление в строительстве. 2024. № 1 (30). С. 40-72.

147. Серебрякова Е.А. Практическая реализация модели двухэтапного управления инновационными проектами в строительстве//Проектное управление в строительстве. 2024. № 1

148. Серебрякова Е.А. 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

149. Серебрякова Е.А. 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

150. Серебрякова Е.А. 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

151. Суровцев, И.С. Моделирование производственной деятельности строительного предприятия / И.С. Суровцев, А.И. Бородин, П.Н. Курочка, А.М. Дудин // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. 2011 – № 2. – с. 150-157.

152. Тихомиров Н.П. Риск-анализ в экономике / Н.П. Тихомиров, Т.М. Тихомирова. – М.: ЗАО «Издательство «Экономика», 2010. – 318 с.

153. Тихонов А.Н., Арсенин В.Я. Методы решения некорректных задач. М.: Наука, 1974. – 283 с.

154. Трахинин Е.Л. Метод прогнозирования периодичности контроля состояния элементов системы распределенных ситуационных центров при их мониторинге // Информационные системы и технологии. 2022. № 1 (129). С. 77–82.

155. Форд Л.Р., Фалкерсон Д.Р. Потоки в сетях: Пер. с англ. – М.: Мир, 1966 – 276 с.

156. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс. М.: ООО «И. Д. Вильямс», 2006. – 1104 с.
157. Ху Т. Целочисленное программирование и потоки в сетях. – М.: Мир, 1974. – 520 с.
158. Цвиркун А.Д., Акинфеев В.К., Коновалов Е.Н. Моделирование и управление инновационными программами в крупномасштабных технических системах. Препринт. - М.: ИПУ РАН, 1991. - 40 с.
159. Чучуева И.А. Модель прогнозирования временных рядов по выборке максимального подоби́я :Дис. ... канд. техн. наук 05.13.18 / И.А. Чучуева – М., 2012. – 155 с.
160. Шевченко Л. В. Управление проектными рисками в строительстве: дис. ... канд. техн. наук. – Воронеж, 2005.
161. Averina T.A., Barkalov S.A., Kurochka P.N., Kalinina N.Yu., Gorlitsyna O.A. Model for designing ranked incentive systems in the implementation of projects in mechanical engineering // В сборнике: AIP Conference Proceedings. Krasnoyarsk Scientific Centre of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences. Melville, New York, United States of America, 2021. С. 40016.
162. Ayech, H.B.H., Ghannouchi, S.A., & Amor, E.A.E.H. (2021). Extension of the BPM lifecycle to promote the maintainability of BP MN models// Procedia Computer Science, 181, 852–860.
163. Barkalov S.A., Kurochka P.N. Model for Determining the Term of Execution of Sub-conflicting Works / Proceedings of Tenth International Conference “Management of Large-scale System Development” (MLSD) 2017. P. 8109598
164. Barkalov S.A., Kurochka P.N., Kalinina N.Yu., Polovinkina A.I. A model for forming the degree of influence of the counterparty when making managerial decisions in mechanical engineering // В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. 2020. С. 42045.
165. Bergaoui, N., & Ghannouchi, S.A. (2023). A BPM-based approach for ensuring an agile and adaptive learning process. Smart Learning Environments, 10, 40

<https://doi.org/10.1186/s40561-023-00259-5>.

166. Case Study: Procter&Gamble. (n.d.). Aura Quantic. <https://www.auraquantic.com/wp-content/uploads/2022/05/Case-Study-Procter-Gamble.pdf>.

167. De Bruin, T., & Rosemann, M. (2007). Using the Delphi Technique to Identify BPM Capability Areas// ACIS 2007. Proceedings. 42. <http://aisel.aisnet.org/acis2007/42>

168. Dharmawan, Y.S., Divinagracia, G.G., Woods, E., & Kwong, B. (2019). Inter-dependencies on YBII maturity model capability factors in deriving BPM roadmap// Procedia Computer Science, 161, 1089–1097. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.11.220>.

169. Dumas, M., La Rosa, M., Mendling, J., & Reijers, H. (2018). Fundamentals of Business Process Management. 2nd ed. Springer.

170. Fox W.P., Burks R. Mathematical programming: linear, integer, and nonlinear optimization in military decision-making / In: Applications of Operations Research and Management Science for Military Decision Making. – New York: Springer, 2019. – P. 137–191.

171. Hammer, M., & Champy, J. (1993). Reengineering the Corporation: A Manifesto for Business Revolution. Harper Collins.

172. Harmon, P. (2014). Business Process Change: A Business Process Management Guide for Managers and Process Professionals. 3rd ed. Morgan Kaufmann.

173. Jeston, J. (2014). Business Process Management. 3rd ed. Routledge.

174. Kalpic, B., & Bernus, P. (2002). Business process modelling in industry — the powerful tool in enterprise management. Computers in Industry, 47(3), 299–318.

175. Klun, M., & Trkman, P. (2018). Business process management — at the crossroad// Business Process Management Journal, 24(2), 786–813. <https://doi.org/10.1108/YBIIj-11-2016-0226>.

176. Knight F. Risk, Uncertainty and Profit. – Boston and New York: Houghton Mifflin, 1921. – 381 p.

177. Lipych, L., Khilukha, O., & Kushnir, M. (2023). Changing the business

model of the enterprise under the influence of industry 4.0. *Economic Forum*, 1(3), 119–127. <https://doi.org/10.36910/6775-2308-8559-2023-3-15>.

178. Moncef E. Stochastic calculus in a risk model with stochastic return on investments / *An International Journal of Probability and Stochastic Processes*. – 2021. – Vol. 93. – P. 110–129.

179. Olshanskiy, O. (2018). Business processes management of trade enterprises and methods of their improvement// *Scientific Bulletin of the Uzhhorod National University*, 22(3), 22–26.

180. Peshev, M. (2024). 10 Global Industries That Need Business Process Management the Most. <https://mariopeshev.com/global-industries-business-process-management/>.

181. Robledo, P. (2016). <PM is a key to Digital Transformation. Medium. <https://medium.com/@pedrorobledoBPM/BPM-is-key-to-digital-transformation-828db8eca74b>.

182. Rosemann, M., & vom Brocke, J. (2015). *Handbook on business process management 1: Introduction, methods, and information systems*. 2nd edition. Springer.

**Российская федерация**

ООО

Строительная компания**«ВОРОНЕЖСТРОЙ»**

г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, д. 103

тел. (473) 276-59-15, 276-58-91 (бух)

Email: ooosk_voronezh@mail.ru

УТВЕРЖДАЮ**Директор ООО СК «ВОРОНЕЖСТРОЙ»**

кандидат технических наук

Е.В. Коновальчук

г. Воронеж

«12 » августа 2024 г.**АКТ**

об использовании результатов докторской диссертационной работы

Серебряковой Елены Анатольевны

В ходе выполнения работы разработан ряд методических материалов по созданию и практическому использованию моделей, позволяющих получать оптимальные (или близкие к оптимальным) варианты эффективного использования ресурсов, направляемых на инновационное развитие предприятия. В их числе:

1. Модели многокритериального анализа проектов инженерной инфраструктуры на основании временных, стоимостных, ресурсных и иных показателей, а также с привлечением экспертного оценивания, удалось эффективно выбирать решения по реализации проектов, осуществлять поддержку принятия решений в области планирования и управления проектами.
2. Методики распределения ресурсов в условиях их дефицита удалось эффективно производить оперативное перераспределение ресурсов между работами проектов, назначать исполнителей на работы, и также осуществлять поддержку принятия решений в области планирования и управления проектами.

Использование указанных результатов позволило повысить качество планирования и управления проектами.

Подпись




 ООО «ГМК - РГМ»
 Юр. адрес: 394028, Россия,
 г. Воронеж, ул. Чебышева, д.13, офис 307
 Тел./факс: +7 (473) 268-49-80, +7 (473) 244-27-04
 e-mail: market@rudgormash.ru, op@rudgormash.ru
 ИНН 3664214260




 LLC MMC - Rudgormash
 Registered address: Chebyshev, 13 st., office 307
 Voronezh, 394028, Russia
 T/F: +7 (473) 268-49-80, +7 (473) 244-27-04
 e-mail: market@rudgormash.ru, op@rudgormash.ru
 Taxpayer identification number (INN) 3664214260



УТВЕРЖДАЮ
 ПРЕДСЕДАТЕЛЬ КОМИТЕТА ПО
 ПРОМЫШЛЕННОСТИ
 ТЕР. ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ
 А.Н.Чекменев

14 марта 2024

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

законченной научно-исследовательской работы, направленной на разработку методических рекомендаций по созданию моделей инновационного управления, проводимой кафедрой управления ВГТУ под руководством кандидата экономических наук, доцента Серебряковой Елены Анатольевны

В период с августа 2023 г. по октябрь 2023 в ООО «ГМК-РГМ» проводилась научно-исследовательская работа на тему «Совершенствование планирования инноваций».

В ходе выполнения работы разработан ряд методических материалов по созданию и практическому использованию моделей, позволяющих получать оптимальные (или близкие к оптимальным) варианты эффективного использования средств, направляемых на инновационное развитие предприятия. В их числе:

1. Разработан подход к прогнозированию состояния модельного ряда инновационных решений на достаточно длительный период жизненного цикла предприятия, основанный на идеи прогнозирования на базе интегральных показателей, к которым будет относиться информационный и производственный потенциалы. При этом информационный потенциал предлагается описывать при помощи количества научно-исследовательских работ, завершившихся оформлением патента или свидетельства на изобретение, а промышленный потенциал – выражать через производственные функции.

2. Для внедрения новшеств на предприятии была предложена модель управления инновационным развитием на базе использования поколений разрабатываемого новшества, что дает возможность динамически изменять функциональные, конструктивные и технологические признаки создаваемой продукции.

Директор по техническому развитию
и качеству

А.А.Зосимов



Общество с ограниченной ответственностью
Управляющая компания

«Жилпроект»

№ _____

«__» _____ 2024 г.

на № _____ от _____

Россия, 394036, г. Воронеж, ул. Фридриха Энгельса, 33Б

тел.: (473) 259-83-59

электронная почта: ukzhilproekt@gmail.com

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор

ООО «УК ЖИЛПРОЕКТ»

Кандидат технических наук,

заслуженный строитель России

Михин П.В.

08.2024 г.



СПРАВКА О ВНЕДРЕНИИ

гибридной системы обслуживания с обменом заявками в жилищной сфере, разработанной
доцентом, кандидатом экономических наук
Серебряковой Еленой Анатольевной

В ходе выполнения работы разработан ряд методических материалов и «Программа расчета пропускной способности системы двухканального обслуживания с обменом и повторными заявками» (№государственной регистрации 2024615689).

1. Разработана модель системы массового обслуживания для параллельного обслуживания двух потоков клиентов с разными предпочтениями и возможностью обмена клиентами между серверами в процессе обработки заявок. Получено аналитическое стационарное решение модели без повторных заявок и рассмотрен пример ее применения.

2. Разработан алгоритм оптимального совмещения обслуживания клиентов диспетчеров-человеком и диспетчером-роботом для наиболее эффективного и устойчивого функционирования системы связи жильцов и управляющей компании.

Результаты рассмотрены и одобрены на техническом совете Общества с ограниченной ответственностью Управляющая компания «Жилпроект».

Директор



Иванов А.М.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования



**«КАЗАНСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»**
(ФГБОУ ВО «КГЭУ»)

ДИРЕКТОР АДМИНИСТРАТИВНОГО
ДЕПАРТАМЕНТА

Красносельная ул., д. 51, Казань, 420066
Тел 8(843) 519-42-27
E-mail: kgeu@kgeu.ru; http://www.kgeu.ru

21.08.2024 № 6007/53

СПРАВКА О ВНЕДРЕНИИ
результатов диссертационной работы
Серебряковой Елены Анатольевны

В ходе выполнения исследования разработан ряд методических материалов по созданию и практическому использованию моделей формирования планов инвестиционного развития предприятия на основе концепции поколения развития новой техники, которые приняты к внедрению. В их числе:

1. Разработан подход к прогнозированию состояния модельного ряда инновационных решений на достаточно длительный период жизненного цикла организации, основанный на идеи прогнозирования на базе интегральных показателей, к которым будет относиться информационный и производственный потенциалы. При этом информационный потенциал предлагается описывать при помощи количества научно-исследовательских работ, завершившихся оформлением патента или свидетельства на изобретение, а промышленный потенциал – выражать через производственные функции, либо при помощи стандартных методик.

2. Для планирования внедрения новшеств на предприятии была предложена модель управления инновационным развитием на базе использования поколений разрабатываемого новшества, что дает возможность динамически изменять функциональные, конструктивные и технологические признаки создаваемой продукции.

3. Модели многокритериального анализа проектов инженерной инфраструктуры на основании временных, стоимостных, ресурсных и иных показателей, а также с привлечением экспертного оценивания, удалось эффективно выбирать решения по реализации проектов, осуществлять поддержку принятия решений в области планирования и управления проектами.

4. Методики распределения ресурсов в условиях их дефицита удалось эффективно производить оперативное перераспределение ресурсов между работами проектов, назначать исполнителей на работы, и также осуществлять поддержку принятия решений в области планирования и управления проектами.

Директор Административного департамента  А.Д. Зиганшин

Руководитель проектного института  Р.Р. Бадрутдинов

Главный специалист проектного института
д.т.н., профессор  Л.С. Сабитов

Исп. Давлетьяров Р.М.
8(903)305-03-03 



**Закрытое акционерное общество – Строительная Компания
«Тверьгражданстрой»
(ЗАО СК «Тверьгражданстрой»)**

пр-кт Победы, д. 7, г. Тверь, Тверская обл., 170034
Тел.: (4822) 34-47-85, факс: (4822) 35-96-18, e-mail: tgs_tver@mail.ru
ОКПО 03007296, ОГРН 1026900533010, ИНН/КПП 6905007518/695001001



УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор
ЗАО СК «Тверьгражданстрой»

Э.С. Абдуллаев
« 19 » 08 2024 г.

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

законченной научно-исследовательской работы, направленной на разработку методических рекомендаций по созданию моделей инновационного управления, проводимой кафедрой управления ВГТУ под руководством кандидата экономических наук, доцента Серебряковой Елены Анатольевны

В период с августа 2023 г. по октябрь 2023 в ЗАО СК «Тверьгражданстрой» проводилась научно-исследовательская работа на тему «Совершенствование планирования инноваций».

В ходе выполнения работы разработан ряд методических материалов по созданию и практическому использованию моделей, позволяющих получать оптимальные (или близкие к оптимальным) варианты эффективного использования средств, направляемых на инновационное развитие предприятия. В их числе:

1. Разработан подход к прогнозированию состояния модельного ряда инновационных решений на достаточно длительный период жизненного цикла организации, основанный на идеи прогнозирования на базе интегральных показателей, к которым будет относиться информационный и производственный потенциалы. При этом информационный потенциал предлагается описывать при помощи количества научно-исследовательских работ, завершившихся оформлением патента или свидетельства на изобретение, а промышленный потенциал – выражать через производственные функции, либо при помощи стандартных методик.

2. Для планирования внедрения новшеств на предприятии была предложена модель управления инновационным развитием на базе использования поколений разрабатываемого новшества, что дает возможность динамически изменять функциональные, конструктивные и технологические признаки создаваемой продукции.

Заместитель технического

директора – начальник

производственно-технического отдела _____ Н.В. Кудристенко

УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор
ООО «Яковлевский ГОК»
Голубничий Д. В.

28.10.24

М.П.

СПРАВКА



О результатах внедрении диссертационной работы
Серебряковой Елены Анатольевны

В ходе выполнения исследования разработан ряд методических материалов по созданию и практическому использованию моделей формирования планов инвестиционного развития предприятия на основе концепции поколения развития новой техники, которые приняты к внедрению. В их числе:

1. Алгоритм решения задачи выбора базового представителя инновационного направления развития предприятия, отличающийся точным перебором решений для малой размерности или последовательной декомпозицией множества представителей на несколько подмножеств, к каждому из которых применяется точный алгоритм, наиболее полно соответствующего функциональным, конструктивным и технологическим признакам поколения.
2. Точный алгоритм решения задачи о формировании поколений развития техники основанный на методе ветвей и границ, когда для получения нижней оценки получаемого решения используется известный алгоритм сетевого программирования.

Результаты работ получили поддержку и одобрение на заседаниях технического совета.

Исполнитель:
Цаплина П.И.
Тел. 8-911-159-56-84



ООО «Институт Горной Промышленности»

Биржевой переулок, д.2 лит. А
Санкт-Петербург
Российская Федерация, 199004Тел: +7 (812) 403-34-40
E-mail: info@igp-spb.ru
Web: www.igp-spb.ru

IGP Co.Ltd

199004, Russian Federation
Saint Petersburg
Birzhevoy pereulok, 2, lit. ATel: +7 (812) 403-34-40
E-mail: info@igp-spb.ru
Web: www.igp-spb.ruУТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор

/ В.В. Леонов

15.08.2024 г.

СПРАВКА**О результатах внедрении диссертационной работы
Серебряковой Елены Анатольевны**

В ходе выполнения исследования разработан ряд методических материалов по созданию и практическому использованию моделей формирования планов инвестиционного развития предприятия на основе концепции поколения развития новой техники, которые приняты к внедрению. В их числе:

1. Алгоритм решения задачи выбора базового представителя инновационного направления развития предприятия, отличающийся точным перебором решений для малой размерности или последовательной декомпозицией множества представителей на несколько подмножеств, к каждому из которых применяется точный алгоритм, наиболее полно соответствующего функциональным, конструктивным и технологическим признакам поколения.

2. Точный алгоритм решения задачи о формировании поколений развития техники основанный на методе ветвей и границ, когда для получения нижней оценки получаемого решения используется известный алгоритм сетевого программирования.

Результаты работ получили поддержку и одобрение на заседаниях технического совета.

Исп.: С.А. Глебова
Тел.: 8(812)403-34-40, доб. 380

УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор
ООО «КНА ТЕХНОЛОГИИ»



/А.А. Белов

«13» декабря 2024

СПРАВКА

О результатах внедрении диссертационной работы Серебряковой Елены Анатольевны

В ходе выполнения исследования разработан ряд методических материалов по созданию и практическому использованию моделей формирования планов инвестиционного развития предприятия на основе концепции поколения развития новой техники, которые приняты к внедрению. В их числе:

1. Алгоритм решения задачи выбора базового представителя инновационного направления развития предприятия, отличающийся точным перебором решений для малой размерности или последовательной декомпозицией множества представителей на несколько подмножеств, к каждому из которых применяется точный алгоритм, наиболее полно соответствующего функциональным, конструктивным и технологическим признакам поколения.
2. Точный алгоритм решения задачи о формировании поколений развития техники основанный на методе ветвей и границ, когда для получения нижней оценки получаемого решения используется известный алгоритм сетевого программирования.

Результаты работ получили поддержку и одобрение на заседаниях технического совета.

Исп.: А.С. Капустина
Тел. 8-911-159-56-84

Линде Азот Тольятти
Linde Azot Togliatti
 Общество с ограниченной ответственностью

445007, Россия, г. Тольятти, ул. Новозаводская, д. 6
 Тел. (8482) 56 62 52; e-mail: ekaterina.larionova@lin.ru

ОКПО 26193965; ИНН 5001093906; КПП 632401001;
 ОКТМО 36740000; ОГРН 1135001003631;
 Р/С 40702810454400026413
 в Поволжском банке ПАО «Сбербанк» г. Самара
 Ю/С 361018102000000000667; БИК 043601607

№ _____ от _____
 на № _____ от _____

УТВЕРЖДАЮ
 Генеральный директор
 ООО «ЛиндеАзотТольятти»



СПРАВКА

О результатах внедрения диссертационной работы
 Серебряковой Елены Анатольевны

В ходе выполнения исследования разработан ряд методических материалов по созданию и практическому использованию моделей формирования планов инвестиционного развития предприятия на основе концепции поколения развития новой техники, которые приняты к внедрению. В их числе:

1. Алгоритм решения задачи выбора базового представителя инновационного направления развития предприятия, отличающийся точным перебором решений для малой размерности или последовательной декомпозицией множества представителей на несколько подмножеств, к каждому из которых применяется точный алгоритм, наиболее полно соответствующего функциональным, конструктивным и технологическим признакам поколения.
2. Точный алгоритм решения задачи о формировании поколений развития техники основанный на методе ветвей и границ, когда для получения нижней оценки получаемого решения используется известный алгоритм сетевого программирования.

Результаты работ получили поддержку и одобрение на заседаниях технического совета.

Исполнитель:
 Ларионова Е.А.
 Тел. 8-8482-56-62-52

Башкортостан Республикаһы
транспорт һәм юл хужалығы
буйынса министрлығы

Башкортостан Республикаһы
Транспорт дирекцияһы
дәүләт казна учреждениеһы
450008, Өфө ҡалаһы, Карл Маркс урамы, 3Б
ИНН 0274935180



Министерство транспорта
и дорожного хозяйства
Республики Башкортостан

Государственное казенное учреждение
Транспортная дирекция
Республики Башкортостан
450008, г.Уфа, ул.Карла Маркса, 3Б
ИНН 0274935180

23.08.2024 № 02-911
На № _____ от _____

АКТ

об использовании результатов
диссертационной работы

Серебряковой Елены Анатольевны «Технологии инновационного развития
организационных систем на основе концепции поколений модельного ряда в
рамках жизненного цикла»

В ходе выполнения исследования разработан ряд методических разработок, которые
представляют практический интерес в части их широкого внедрения в систему
проектного управления. К наиболее перспективным в этом плане результатам
относятся:

1. Модели оценки проектов на основе латентных переменных и нечетких множеств.
2. Модели многокритериального анализа проектов инженерной инфраструктуры, разработанные с использованием временных, стоимостных, ресурсных и иных показателей, а также с привлечением экспертного оценивания.
3. Методики распределения ресурсов в условиях их дефицита.

Использование перечисленных методических разработок в практической деятельности позволяет эффективно производить выбор решений по реализации проектов, осуществлять поддержку принятия решений при планировании и управлении проектами. Базирующееся на результатах исследований оперативное перераспределение ресурсов между работами проектов позволяет повысить качество работы системы управления проектами и сократить время на выполнение проектов в среднем на 15-17%, а также более точно планировать поставку материалов и строительной техники на реализуемые проекты.

Заместитель руководителя



К.К. Бруньковский

г. Воронеж

«16» июля 2024 г.

«УТВЕРЖДАЮ»
Директор ООО «Angels IT»

Р.И. Попов

АКТ

об использовании программы для ЭВМ «Программа расчета показателей
рисков при реализации строительных проектов», авторов: С.А.
Баркалов, С.И. Моисеев, Е.А. Серебрякова

(свидетельство государственной регистрации №2024615678)

Председатель – Попов Роман Иванович (директор компании),
члены комиссии: И. В. Астафуров (директор по маркетингу), Е.А.
Пчелин (руководитель направления),

составили настоящий акт о том, что программный продукт «Программа
расчета показателей рисков при реализации строительных проектов», авторов:
С.А. Баркалов, С.И. Моисеев, Е.А. Серебрякова, использован при реализации
проектов в компании ООО «Angels IT».

Программа позволяет реализовать и визуализировать расчеты и
проводить анализ влияния рисков на реализацию проектов.

В результате применения программного продукта появилась
возможность рассчитать вероятностные характеристики возможного риска и
ущерба при реализации проекта, подобрать оптимальные условия для
минимизации ущерба, на основании построенных графиков оценить
уязвимость проекта.

Использование указанного программного продукта в практической
деятельности позволило повысить качество работы системы управления
проектами с точки зрения оценки возможных рисков, оценивать возможный
ущерб и принимать превентивные меры по его уменьшению.

Председатель комиссии _____ Р.И. Попов

Члены комиссии: _____ И. В. Астафуров

_____ Е.А. Пчелин



Юр. адрес: 397954, Воронежская обл.,
Лискинский м.р-н, Тресоружовское с.п., Добрино
с, ЭКОНИВА-ЧЕРНОЗЕМЬЕ тер., зд. 1, офис 1
Почт. адрес: 394036, Воронежская обл., г.
Воронеж, ул. Пролетарская, д.87В, эт.5, оф.5
Тел./факс: (473) 2-598-798
voronez@ekoniva.com

«22» апреля 2025 г.

СПРАВКА О ВНЕДРЕНИИ

Настоящим подтверждаю, что результаты диссертационного исследования **Серебряковой Елены Анатольевны «Теоретические аспекты инновационного управления развитием организационных систем на основе базовых прототипов поколений модельного ряда»**, а именно:

- 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 определено-вероятностного планирования;

- автоматная модель, как инструмент для анализа и оптимизации инновационных организационных систем, отличающаяся выделением базовой задачи имитационного моделирования и позволяющей из заданного множества значений совокупности регулируемых параметров выбрать такие, при которых целевая функция принимает минимальное (максимальное) значение,

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.

Уточненные регламенты позволили снизить издержки, связанные с дефицитом человеческого ресурса на 10% при решении транзакционных задач для лиц принимающих решения.

Исполнительный директор



Иванов Э.А.

ООО «ЭкоНива-Черноземье», ИНН 3666095515, КПП 366601001
Р/с №40702810013360107635 в Центрально-Черноземном банке СБ РФ,
К/с №3010181060000000681, БИК 042007681

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2024684526

**Программа для календарного планирования проекта с
рекомендательными зависимостями между работами**

Правообладатель: *Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
"Воронежский государственный технический университет"*
(RU)

Авторы: *Баркалов Сергей Алексеевич (RU), Бондаренко Юлия
Валентиновна (RU), Васильчикова Екатерина Владимировна
(RU), Моисеев Сергей Игоревич (RU), Серебрякова Елена
Анатольевна (RU)*

Заявка № 2024683539

Дата поступления 11 октября 2024 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ 17 октября 2024 г.



Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 0492e7c1a630005f642401670bca2026
Владелец: **Зубов Юрий Сергеевич**
Действителен с 10.07.2024 по 03.10.2025

Ю.С. Зубов

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2024684902

**Автоматизированная система поддержки
согласованного управления собственными средствами в
проектах, финансируемых и реализуемых объединением
субъектов**

Правообладатель: *Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
"Воронежский государственный технический университет"*
(RU)

Авторы: *Баркалов Сергей Алексеевич (RU), Бондаренко Юлия
Валентиновна (RU), Васильчикова Екатерина Владимировна
(RU), Серебрякова Елена Анатольевна (RU)*

Заявка № 2024683546

Дата поступления 11 октября 2024 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ 22 октября 2024 г.



Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 0a92a7c1a6300c854224c1670bca2026
Владелец: **Зубов Юрий Сергеевич**
Действителен с 10.02.2024 по 03.10.2025

Ю.С. Зубов

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2024615678

**Программа расчета показателей рисков при реализации
строительных проектов**

Правообладатель: *Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Воронежский государственный технический
университет» (RU)*

Авторы: *Баркалов Сергей Алексеевич (RU), Моисеев Сергей
Игоревич (RU), Серебрякова Елена Анатольевна (RU)*



Заявка № **2024613881**
Дата поступления **26 февраля 2024 г.**
Дата государственной регистрации
в Реестре программ для ЭВМ **12 марта 2024 г.**

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

 **Ю.С. Zubov**

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО
о государственной регистрации программы для ЭВМ
№ 2024615689

**Программа расчета пропускной способности системы
двухканального обслуживания с обменом и повторными
заявками**

Правообладатель: *Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»
(RU)*

Авторы: *Головинский Павел Абрамович (RU), Баркалов Сергей
Алексеевич (RU), Серебрякова Елена Анатольевна (RU)*

Заявка № **2024613880**
Дата поступления **26 февраля 2024 г.**
Дата государственной регистрации
в Реестре программ для ЭВМ **12 марта 2024 г.**



Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Ю.С. Зубов

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО
о государственной регистрации программы для ЭВМ
№ 2025611114

**Двухэтапное управление инновационными проектами в
строительстве**

Правообладатель: **Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Воронежский государственный технический
университет» (RU)**

Авторы: **Серебрякова Елена Анатольевна (RU), Моисеева
Александра Сергеевна (RU)**

Заявка № **2024691818**
Дата поступления **13 декабря 2024 г.**
Дата государственной регистрации
в Реестре программ для ЭВМ **16 января 2025 г.**

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности
Ю.С. Зубов


ПАСПОРТ ДОКУМЕНТА
ДОКУМЕНТ ГОСУДАРСТВЕННОЙ РЕГИСТРАЦИИ
Содержит: ПОДЛИННИК ДОКУМЕНТА
Выдан: 16.01.2025
Электронный документ: **Зубов Ю.С. Expression**
Электронный документ: **№ 2025611114**