

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования «Санкт-Петербургский национальный  
исследовательский университет информационных технологий,  
механики и оптики» (Университет ИТМО)

На правах рукописи



**Халиуллина Дарья Николаевна**

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ  
ПОДДЕРЖКИ УПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЕМ МАЛЫХ  
ИННОВАЦИОННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

Специальность 05.13.11 – Математическое и программное обеспечение  
вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей

Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Научный руководитель  
д.т.н,  
Олейник А.Г.

Санкт-Петербург – 2016

# МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОДДЕРЖКИ УПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЕМ МАЛЫХ ИННОВАЦИОННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

<b>ВВЕДЕНИЕ.....</b>	<b>4</b>
<b>ГЛАВА 1. Теоретические и практические основы организации поддержки управления развитием малых инновационных предприятий.....</b>	<b>11</b>
1.1 Малые инновационные предприятия как объект управления.....	13
1.2 Анализ существующих подходов к информационной поддержке управления развитием МИП .....	18
1.3 Динамичная модель развития предприятия Б. Ливехуда .....	21
1.4 Выбор метода моделирования развития МИП.....	29
<b>Выводы по главе 1.....</b>	<b>33</b>
<b>ГЛАВА 2. Метод информационной поддержки управления развитием МИП .....</b>	<b>35</b>
2.1 Основные положения метода информационной поддержки управления развитием МИП.....	35
2.2 Формализация модели фаз развития МИП.....	40
2.3 Общая структура метода информационной поддержки управления развитием МИП.....	43
2.4 Этап определения предпочтительного варианта развития МИП.....	46
2.5 Этап обратного планирования развития МИП .....	48
<b>Выводы по главе 2.....</b>	<b>51</b>
<b>ГЛАВА 3. Комплекс программных средств, обеспечивающих информационную поддержку управления развитием МИП.....</b>	<b>53</b>
3.1 Функции и структура программного комплекса .....	53
3.2 Модель формального отображения когнитивной карты на структуру СД модели .....	62

3.3	Человеко-машинный интерфейс итерационного формирования согласованных структур когнитивной и системно-динамической моделей...	68
3.4	Модуль имитационного моделирования развития МИП.....	71
3.5	Модуль математического анализа результатов имитационных экспериментов и формирования рекомендаций по принятию решений.....	74
3.6	Модуль управления.....	78
3.7	Средства хранения и обмена данными .....	81
<b>Выводы по главе 3.....</b>		<b>85</b>
<b>ГЛАВА 4. Применение разработанного программного обеспечения для поддержки управления развитием конкретного МИП .....</b>		<b>87</b>
4.1	Формирование когнитивной карты МИП.....	87
4.2	Интерактивный синтез системно-динамической модели МИП.....	91
4.3	Анализ вариантов развития МИП .....	94
4.4	Рекомендации по развитию МИП, полученные в результате применения разработанного программного комплекса.....	101
<b>Выводы по главе 4.....</b>		<b>105</b>
<b>Заключение.....</b>		<b>106</b>
<b>Список обозначений и сокращений.....</b>		<b>108</b>
<b>Список литературы.....</b>		<b>109</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Характеристики имитационных экспериментов, обеспечивающих достижение промежуточных целевых состояний.....</b>		<b>124</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Акты внедрения .....</b>		<b>126</b>

## **ВВЕДЕНИЕ**

**Актуальность работы** обусловлена тем, что при создании программных систем информационной поддержки управления объектами и системами различной природы необходимо учитывать их специфические особенности. В связи с этим в ряде случаев возникает задача разработки специализированного программного обеспечения.

Среди особенностей малых инновационных предприятий (МИП) можно отметить высокую долю затрат на НИОКР для создания новых продуктов (услуг), ограниченные ресурсы, отсутствие опыта маркетинга инноваций и практики работы на открытом рынке. В своем развитии эти предприятия могут столкнуться с такими проблемами, как отсутствие коммерчески привлекательной интеллектуальной собственности и финансовый риск разработок НИОКР в связи с длительностью научно-технических разработок. Поэтому к целям стратегического управления МИП и планирования их развития относятся выявление потенциальных проблем и вызывающих их причин, а также выработка и мониторинг реализации комплекса мер по предотвращению или уменьшению негативных последствий, вызванных этими проблемами.

Проведенный анализ литературных источников показал, что готовых программных решений для комплексной поддержки управления развитием МИП не существует. Используемые подходы к планированию развития МИП носят описательный характер. Одним из способов повышения эффективности принятия решений при управлении развитием МИП является создание и использование комплекса программ, позволяющего моделировать и проводить сравнительный анализ вариантов развития предприятия. Для этого необходимо разработать математический аппарат и алгоритмы прогнозирования и оценки последствий принятия управленческих решений в данной сфере. К функциям программного комплекса относится формирование и оценка различных сценариев развития МИП, которые способны в условиях текущей ситуации обеспечить достижение поставленной цели. Для этого необходимо как решение прямой задачи планирования (определение результатов реализации сценария по входным данным), так и обратной (определение входных

воздействий, которые приводят к получению заданных выходных значений). Упростить создание такого проблемно-ориентированного программного комплекса позволяет интеграция в него уже существующих программных разработок, обеспечивающих решение частных задач процесса принятия решений.

Представленная выше аргументация определяет актуальность настоящего диссертационного исследования.

**Цель работы** состоит в повышении эффективности управления структурой малых инновационных предприятий за счет исследования сценариев их развития с использованием имитационного моделирования.

Для достижения указанной цели должны быть решены следующие задачи:

1. Анализ существующих решений в области математического и программного обеспечения, ориентированного на обработку данных при управлении развитием малых инновационных предприятий.
2. Разработка метода и технологии информационной поддержки принятия решений в сфере управления развитием малых инновационных предприятий.
3. Создание алгоритмов и программ, обеспечивающих комплексную реализацию разработанной технологии.
4. Разработка модели формального синтеза структуры системно-динамической модели развития МИП, соответствующей его когнитивной карте, и создание на основе модели синтеза специализированного человеко-машинного интерфейса для визуального формирования и анализа этих моделей.
5. Практическая реализация математического и программного обеспечения (комплекса программных средств), позволяющего повысить эффективность процессов обработки данных при решении задач поддержки управления развитием МИП.

**Объектом исследования** является комплекс проблемно-ориентированных программных средств для информационной поддержки управления развитием малых инновационных предприятий.

**Предмет исследования:** Модели, методы и алгоритмы целевой обработки информации и обеспечения взаимодействия проблемно-ориентированных

модулей, а также человеко-машинного интерфейса в рамках системы поддержки принятия решений по управлению развитием малых инновационных предприятий.

### **Методы исследования.**

Для решения сформулированных в работе задач использованы когнитивный и системный анализ, методы теории принятия решений, теории множеств, системной интеграции программных средств.

### **Основные положения, выносимые на защиту:**

1. Метод информационной поддержки управления развитием малых инновационных предприятий, позволяющий повысить эффективность принимаемых решений.
2. Архитектура программного комплекса, объединяющего оригинальные модули решения задач формирования моделей МИП и обработки результатов имитационных экспериментов с инструментальными средствами имитационного моделирования и организации хранения данных.
3. Модель формального отображения структуры когнитивной карты МИП на структуру системно-динамической модели и разработанный на ее основе человеко-машинный интерфейс, обеспечивающий итерационное формирование согласованных структур когнитивной и системно-динамической моделей.
4. Проблемно-ориентированный комплекс программ и результаты его использования при планировании стратегии развития малого инновационного предприятия.

**Научная новизна работы** заключается в создании метода, моделей, алгоритмов и комплекса программных средств информационной поддержки управления развитием МИП. Применение полученных результатов позволяет рассчитать параметры эффективных сценариев развития МИП.

Научной новизной обладают следующие результаты:

1. Метод и реализующая его технология информационной поддержки управления развитием МИП, обеспечивающие повышение эффективности принимаемых решений за счет формирования и сравнительного анализа

альтернативных сценариев развития МИП, а также обратного планирования, позволяющего определить начальные условия, приводящие к достижению заданных целевых показателей развития МИП.

2. Архитектура программного комплекса, объединяющая готовые средства организации хранения данных и имитационного моделирования с разработанными в результате диссертационного исследования модулями, один из которых обеспечивает создание когнитивной карты МИП и синтез соответствующей структуры системно-динамической модели, а второй реализует анализ результатов имитационных экспериментов.

3. Модель формального отображения когнитивной карты на структуру системно-динамической модели.

4. Комплекс алгоритмов и программных средств, реализующих человеко-машинный интерфейс итерационного формирования согласованных структур когнитивной и системно-динамической моделей, а так же процедуры анализа данных имитационных экспериментов и визуализацию результатов анализа.

**Практическая значимость работы** состоит в том, что для решения задач исследования создано математическое и программное обеспечение (комплекс программных средств), обеспечивающее за счет прямого и обратного планирования повышение эффективности информационной поддержки управления развитием МИП. Особенностью разработанного программного комплекса является наличие графического редактора, позволяющего автоматизировано формировать согласованные структуры когнитивной и системно-динамической моделей.

Практическую ценность имеют разработанные с использованием результатов диссертационного исследования программные продукты: «Программная система оценки экономических рисков сценариев развития моногорода» (Свидетельство о регистрации ПО №17250 от 04.07.2011), «Инструментальная система поддержки стратегического планирования развития малого научно-инновационного предприятия» (Свидетельство о регистрации ПО №17039 от 28.04.2011).

Результаты диссертационного исследования внедрены в учебный процесс в Кольском филиале Петрозаводского государственного университета, а также применялись для оценки вариантов реализации инновационного проекта Институтом химии редких элементов и минерального сырья Кольского НЦ РАН и малым предприятием «Новая реклама» в г. Апатиты. Использование подтверждено соответствующими актами и справками.

**Научная апробация работы.** Основные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на: VII, VIII, IX всероссийских школах-семинарах «Прикладные проблемы управления макросистемами» (г. Апатиты, 2008, 2010 гг., 2012 г.), III-ей всероссийской научной конференции «Теория и практика системной динамики» (г. Апатиты, 2009, 2013гг.), XI Международной конференции «Проблемы управления и моделирования в сложных системах» (г. Самара, 2009 г.), 8th International Symposium ECONOMY & BUSINESS Economic Development and Growth (Sunny Beach, Bulgaria, 2009 г.), четвертой и пятой всероссийских научно-практических конференциях по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности «Имитационное моделирование. Теория и практика» (г. Санкт-Петербург, 2009, 2011 гг.), международной заочной научно-практической конференции «Наука сегодня: теоретические аспекты и практика применения» (г. Тамбов, 2011 г.), IX mezinárodní vědecko - praktická conference «Moderní vymoženosti vědy (Praha, 2013 г.), X Всероссийская конференция "Прикладные проблемы управления макросистемами" (г. Апатиты, 2014 г.), XI Всероссийская конференция "Методологические проблемы управления макросистемами" (г. Апатиты, 2016 г.).

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 20 печатных работ, из них 4 – в списке ВАК, оформлено 2 свидетельства о регистрации программ для ЭВМ.

**Структура и объем работы.** Диссертация объемом 128 машинописных страниц, содержит введение, четыре главы и заключение, список литературы (137 наименований), 12 таблиц, 34 рисунка, два приложения.

Во **введении** обосновывается актуальность, научная новизна и практическая значимость диссертационной работы и положения, выносимые на защиту,

сформулированы основные цели, задачи исследования, представлены методы их решения. Кратко излагается содержание диссертации.

В первой главе определяется понятие «малое инновационное предприятие» (МИП), используемое в рамках настоящей работы, и дается общая характеристика решаемой в работе проблемы. Рассмотрены существующие модели развития предприятий, из которых в качестве основы для разрабатываемого метода информационной поддержки выделена модель Б. Ливехуда. Выделяются две категории пользователей, на поддержку деятельности которых ориентировано разрабатываемое программное обеспечение – эксперт-консультант и лицо, принимающее решение. Дается обоснование использования имитационного моделирования для исследования развития МИП. В заключении главы сформулированы выводы и основные требования к средствам информационной поддержки эффективного управления развитием МИП.

Во второй главе представлен разработанный метод информационной поддержки управления развитием малых инновационных предприятий, позволяющий повысить эффективность принимаемых решений за счет последовательного решения задач прямого и обратного планирования с использованием имитационного моделирования динамики капитализации МИП. Изложены базовые положения метода и описан формальный аппарат реализации прямого и обратного планирования вариантов развития МИП.

Третья глава посвящена решению задачи формированию комплекса программных средств, обеспечивающих реализацию математического аппарата разработанной технологии информационной поддержки управления развитием МИП. Дается описание входящих в создаваемый программный комплекс модулей, решаемых каждым модулем задач и механизмов взаимодействия модулей в рамках единого программного комплекса. Подробно представлены разработанные автором модули решения специфических задач – интерактивного формирования структур когнитивной карты и имитационной модели, а также сравнительного анализа результатов имитационных экспериментов.

В четвертой главе представлено применение разработанного программного комплекса для прогнозирования развития конкретного малого инновационного предприятия. Приводятся результаты вычислительных имитационных экспериментов. В заключении изложены основные результаты исследования.

## ГЛАВА 1. Теоретические и практические основы организации поддержки управления развитием малых инновационных предприятий

В последнее время внедрение информационных технологий (ИТ) происходит практически во все сферы человеческой деятельности. Согласно исследованиям международной исследовательской и консалтинговой компании International Data Corporation (IDC), которая занимается изучением мирового рынка информационных технологий и телекоммуникаций с каждым годом происходит рост расходов на информационные технологии во всем мире, что подтверждается данными, представленными на рисунке 1 [99]. На диаграмме отражены как фактические данные (до 2015 года), так и прогнозные.

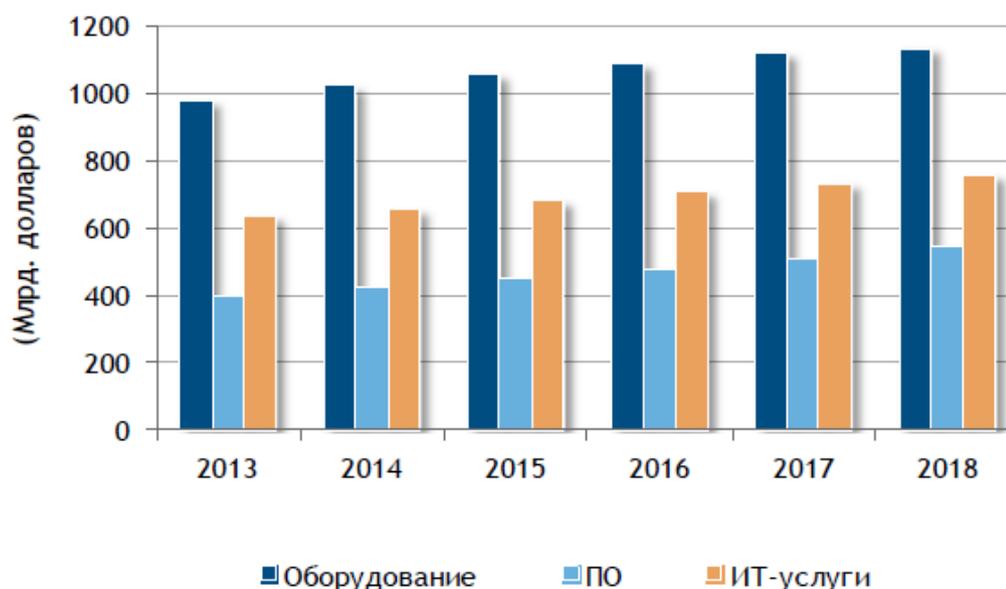


Рисунок 1 - Расходы на информационные технологии во всем мире [98]

Преобладание расходов на оборудование над другими сегментами рынка связано с возрастанием объемов информации, что стимулирует спрос на серверы и системы хранения данных. Все больший интерес проявляется также к центрам обработки данных и облачным решениям, которые не могут быть реализованы без соответствующего сетевого оборудования.

Увеличение спроса на ИТ-услуги обеспечивается растущим многообразием и сложностью используемых корпоративных ИТ-систем, требующих больших

затрат на установку, интеграцию, обучение и обслуживание. Одним из перспективных направлений на данном рынке является ИТ-аутсорсинг (частичная или полная передача сторонним организациям функций по поддержке и обслуживанию ИТ-инфраструктуры).

Программное обеспечение (ПО) является наиболее динамичным сегментом мирового рынка информационных технологий. Больше половины всего ПО представляют категории приложений, остальную часть занимают системное ПО и средства разработки.

Разработка программного обеспечения для различных систем становится все более востребованной. Хорошие темпы роста показывает группа приложений для организации совместной работы, в частности, решений для внутрифирменных социальных сетей и совместного доступа к файлам. ПО для управления базами данных и аналитики, программные решения для управления ресурсами предприятия и отношениями с клиентами, а также программные продукты для обеспечения безопасности также пользуются большим спросом в данном сегменте рынка.

Программное обеспечение является неотъемлемой частью современного мира, поскольку применяется практически во всех областях человеческой деятельности: в промышленности [111,76,51,101,77], медицине [15,53,131], строительстве [79,113,50], образовании [63,106,52], а также в других сферах жизни.

Применение ПО позволяет не только получать, передавать, визуализировать информацию, но и дает возможность повысить скорость обработки различных данных, и увеличить качество работы.

На рынке программного обеспечения представлено множество программных продуктов, обеспечивающих поддержку решения широкого спектра задач. Тем не менее, для более адекватного учета особенностей объектов, на поддержку деятельности которых ориентируется ПО, зачастую возникает необходимость создания специфических программных продуктов. В частности, специфика малых инновационных предприятий (МИП) ограничивает эффективность использования для поддержки управления их функционированием и развитием существующих

программных решений, которые применяются в поддержке управления [129,20,112,134].

Отличительными особенностями МИП являются: узкая специализация рынка, высокий риск разработки продукции, ограниченный объем доступных ресурсов. Поэтому программное обеспечение, ориентированное на поддержку управления развитием таких предприятий, должно обеспечивать прогнозирование и анализ вариантов развития МИП с целью выявления возможных проблем и поиска путей их предотвращения или преодоления. Применение таких систем поддержки обеспечит повышение эффективности управления развитием МИП с точки зрения оперативности выработки решений и их обоснованности с учетом вариабельности как внешних, так и внутренних условий функционирования МИП.

### **1.1 Малые инновационные предприятия как объект управления**

Приоритетным направлением государственной научно-технической и экономической политики является поддержка малых инновационных предприятий, поскольку они, являясь связующим звеном между научно-исследовательскими институтами и крупными промышленными производителями, в инновационной сфере имеют определенные преимущества и способны активно развивать инновационную экономику страны.

Для описания особенностей малых инновационных предприятий сначала необходимо охарактеризовать само понятие инновация. Различные отечественные и зарубежные ученые занимались теоретическим обоснованием инноваций. На рассмотрение сущности предприятий данного типа направлены работы И. Шумпетера, К. Оппенлендера, Э. Мэнсфилда, П. Друкера, Б. Санто, А. Клайнкнехта, Р. Уотермена, А.И. Анчишкина, Л.С. Бляхмана, Ю.И. Берлинера, С.Ю. Глазьева, Ю.В. Куренкова, В.П. Логинова, А.С. Кулагина, А.Г. Кругликова, А.А. Дагаева, А.И. Пригожина, А.Б. Ланина, Г.Х. Попова, В.М. Рудзицкого, Р.А. Фатхутдинова, Ю.В. Яковца и других исследователей [48,110,90,103,54,8,10,23].

Существующие подходы рассматривают инновации с различных точек зрения в зависимости от объекта и предмета исследования. В связи с этим данное понятие можно рассматривать как процесс, систему, изменение или результат.

Процессное представление инноваций встречается в трудах таких ученых как Б. Твисс, А. Койре, И.П. Пинингс, В. Раппопорт, Б. Санто, В.С. Кабаков, Г.М. Гвишиани, В.Л. Макаров и другие [65,61,35,9,45].

Так, Б. Твисс считал, что инновация это процесс, в котором интеллектуальный товар изобретение, информация, ноу-хау или идея приобретает экономическое содержание [65].

А В. Кингстон рассматривал инновацию как «процесс преобразования новой идеи или изобретения в социально значимую продукцию, обладающую принципиально новыми технико-экономическими показателями или преобразование идей в конкретные предметы» [35].

Ю.П. Морозов, А.И. Гаврилов, А.Г. Городков рассматривают инновацию как процесс разработки, освоения, эксплуатации и исчерпания производственно-экономического и социального потенциала, лежащего в основе новации [45].

Понятие инновации как системы встречается в трудах Н.И. Лапина, Й. Шумпетера и других исследователей. Й. Шумпетер [74] считал инновацией «изменение с целью внедрения и использования новых видов потребительских товаров, новых производственных и транспортных средств, рынков и форм организации в промышленности».

В.Н. Лапин [41] полагал, что инновация – это комплексный процесс создания, распространения и использования нового практического средства для лучшего удовлетворения известной потребности людей.

На понятие инновации как изменение в своих работах указывали Ф. Валента, Ю.В. Яковец, Л. Водачек, Л.С. Бляхман и др. [16,11,19]. Ф. Валента рассматривал инновацию как изменение в первоначальной структуре производственного механизма, т.е. переход его внутренней структуры к новому состоянию: касается продукции, технологии, средств производства, профессиональной и квалификационной структуры рабочей силы, организации; изменения, как с

положительными, так и с отрицательными социально-экономическими последствиями. Аналогичное суждение высказывает Л.С. Бляхман, который рассматривает нововведение (техническое, технологическое, организационное, социально-экономическое) как «целенаправленное изменение, сознательно вносимое в процесс воспроизводства для лучшего удовлетворения имеющейся или формирования новой общественной потребности. Под нововведением имеется в виду процесс его создания, освоения, распространения, а результат - новые изделия, технологии, формы и методы организации производства, труда и управления, приносящие социально-экономический эффект».

Инновация как результат рассматривается в работах А. Левинсона, Д.И. Кокурина, И.Н. Молчанова, С.Д. Бешелева, Ф.Г. Гурвича, Р.А. Фатхутдинова и др. [21,34,2,66,71]. И.Н. Молчанов считал, что инновация – это результат научного труда, направленный на совершенствование общественной практики и предназначенный для непосредственной реализации в общественном производстве.

По мнению Д.М. Гвишиани и В.И. Громека, [21] нововведение, с одной стороны, «есть процесс доведения технического изобретения до стадии практического использования, когда оно начинает давать экономический эффект», а с другой стороны - «конечный результат этого процесса, т.е. изобретение, доведенное до стадии коммерческого использования продукта или товара, появившегося в результате процесса нововведения в первом значении этого понятия». Н.М. Авсянников [2] также считал, что инновация (нововведение) - это результат практического или научно-технического освоения новшества.

Р.А. Фатхутдинов [66] рассматривает инновацию как конечный результат внедрения новшества с целью изменения объекта управления и получения экономического, социального, экологического, научно-технического или другого вида эффекта.

В настоящем диссертационном исследовании под инновацией (нововведением) будем понимать «конечный результат инновационной деятельности, получивший реализацию в виде нового или усовершенствованного продукта, реализуемого на

рынке, нового или усовершенствованного технологического процесса, используемого в практической деятельности» [55]. Инновационную деятельность определим как «деятельность, направленную на использование результатов экспериментальных разработок, научной (научно-исследовательской) и научно-технической деятельности» [46].

Согласно [60] выделяют следующие типы инноваций: продуктовые, процессные, маркетинговые и организационные.

**Продуктовые.** В данную группу относят инновации, которые подразумевают под собой значительные изменения в свойствах производимых товаров и услуг. Это могут быть как новые товары и услуги, так и усовершенствованные. Также в данную группу относятся новые способы использования существующего продукта, технические характеристики которого подверглись незначительным изменениям. Продуктовыми инновациями в сфере услуг помимо перечисленного являются дополнение существующих услуг новыми функциями или характеристиками, а также значительные усовершенствования в способах их предоставления.

**Процессные.** В данную группу относят внедрение или значительно улучшенный способ производства или доставки продукта (например, снижение себестоимости или затрат по доставке, повышение ее качества), в том числе значительные изменения в технологии, производственном оборудовании и/или программном обеспечении. Также сюда относятся инновации, которые подразумевают под собой новые или значительно улучшенные методы создания или предоставления услуг, технические приемы, оборудование и программное обеспечение, используемые во вспомогательных видах деятельности.

**Маркетинговые** — реализация новых или значительно улучшенных маркетинговых методов, охватывающих существенные изменения в дизайне и упаковке продуктов, использование новых методов продаж и презентации продуктов (услуг), их представления и продвижения на рынки сбыта, ценообразование.

Организационные включают в себя инновации, обеспечивающие совершенствование системы менеджмента:

- внедрение новых методов в организацию деятельности и порядка выполнения работ и децентрализации,
- внедрение новых принципов структурирования деятельности,
- внедрение новых способов организации построения взаимоотношений с другими фирмами или государственными организациями.

Согласно закону Российской Федерации "О развитии малого и среднего предпринимательства в Российской Федерации" малым считается предприятие, средняя численность работников которого за предшествующий календарный год не должна превышать ста человек включительно [64]. При этом выручка от реализации товаров (работ, услуг) за предшествующий календарный год без учета налога на добавленную стоимость должна быть не выше 800 млн. рублей [56]. В то же время такие понятия, как "субъект малого инновационного предпринимательства" и "малое инновационное предприятие" в законодательной базе Российской Федерации отсутствуют. В настоящем диссертационном исследовании под малым инновационным предприятием будем понимать субъект малого предпринимательства, осуществляющий инновационную деятельность.

Среди особенностей МИП можно выделить: ограниченный объем доступных ресурсов, высокий риск при разработке продукции, узкая специализация, налоговые льготы, которые предусматривают освобождение соответствующих предприятий [67] от уплаты налога на прибыль, налога на имущество и налога на добавленную стоимость [46], пониженный тариф страховых взносов [68] и другие.

Перечисленные особенности малых инновационных предприятий необходимо учитывать при разработке соответствующей модели его развития. Высокие риски при разработке продукции влияют на развитие рыночных отношений, поэтому модельные коэффициенты для такого типа предприятий принимают меньшие значения, чем для не инновационных малых предприятий. Выпуск инновационной продукции, в свою очередь, дает определенные конкурентные

преимущества, особенно, если данный товар является абсолютно новым продуктом на рынке. Направленность на конкретного потребителя позволяет полностью реализовывать произведенный товар, что положительно сказывается на общей тенденции развития предприятия на начальном этапе.

## **1.2 Анализ существующих подходов к информационной поддержке управления развитием МИП**

Одной из целей стратегического управления малыми инновационными предприятиями и планирования их развития является выявление потенциальных проблем и вызывающих их причин, выработка и мониторинг реализации комплекса мер по предотвращению или уменьшению негативных последствий, вызванных этими проблемами.

Различные публикации, посвященные вопросам стратегического управления, содержат методологические и научные основы классификации стратегий развития [127,7,108,47], методические рекомендации по их разработке и определению параметров внешней и внутренней среды, воздействующих на реализацию стратегии [27,18,33,42].

Существующие программные решения (MS Project [135], Primavera [120], Project Expert [121], Альт-Прогноз [5], Gantt Project [95], Collabtive [86] и др.), реализующие технологию стратегического планирования и управления строятся на макроэкономических показателях. При работе с данными комплексами планирование ведется с учетом стратегического проекта, выполнение которого и оценивается.

Программный комплекс Microsoft Project [135] предназначен для работы с небольшими проектами. Он позволяет составлять графики расходования ресурсов, распределять ресурсы по уровням и между операциями, а также осуществлять контроль расходов и создавать графики и отчеты, которые полностью готовы к использованию. Данный программный продукт дает возможность выполнить структуризацию проекта путем деления его на этапы, задачи и подзадачи, выявить критические задачи (задачи, длительность которых

существенно влияет на длительность реализации всего проекта), получить сетевой график и календарный план проекта, осуществить назначение ресурсов задачам проекта, эффективно контролировать загрузку ресурсов.

Программное обеспечение Primavera [120] применяется в основном при обработке очень больших и сложных проектов и предназначено для управления и контроля проектами, отслеживания ресурсов, материалов и оборудования, используемого на проект. Данный продукт применяется в основном как система управления проектами только для разработки календарного плана работ и сетевого проекта, включая длительность и затраты по его стадиям.

Программный продукт Project Expert [121] является очень большой системой. Он предназначен для решения широкого круга задач: разработки планов, контроля распределения ресурсов по задачам, отслеживания прогресса и анализа объемов работ. Имеет довольно широкий горизонт расчета (30 лет), при этом допускает расчет проекта, использующего практически неограниченное число продуктов и услуг (до 400), ресурсов (до 10 тыс. наименований каждого продукта), и при этом включающего практически любое (до 400) количество этапов. Особенностью системы является возможность учета сложного плана продаж и автоматизированное построение инвестиционного плана, разбивающего реализацию проекта на отдельные этапы. Недостатком системы является отсутствие возможности определять ряд важных для оценки и выбора проекта показателей.

Программа Project Expert построена на современных подходах по расчету и анализу инвестиционных проектов, в основе которых лежат принципы международного стандарта бухгалтерского учета. Расчеты показателей эффективности инвестиций осуществляются на основе имитационной модели денежных потоков. Данный продукт относится к классу так называемых «закрытых» программ, поскольку проследить алгоритм расчета выходных таблиц и показателей практически невозможно.

Программный продукт Альт-Прогноз [5] предназначен для финансового планирования в действующей компании, включая оценку внутренних

инвестиционных проектов и программ развития бизнеса; оценки бизнеса; бюджетирования и построения управленческой отчетности. Программа позволяет построить финансовую модель деятельности компании для прогнозирования будущих показателей, учитывая данные предыдущих периодов. Используется для расчетов не слишком сложных проектов – количество продуктов, ресурсов, число шагов расчетов, различных займов ограничено.

Gantt Project [95] — бесплатная программа, предназначенная для планирования проектов для создания расписаний и отслеживания хода выполнения проекта с помощью диаграмм Ганта. Данный программный продукт дает возможность создать для проекта дерево задач, установить зависимость между отдельными задачами, а также выделить на каждую из них определенное количество времени и закрепить за ней людские ресурсы.

Сравнение рассмотренных систем представлено в таблице 1.

Таблица 1 - Сравнение систем управления инвестиционными проектами

Показатель	Microsoft Project	Primavera	Project Expert	Альт-Прогноз	Gantt Project
Цена	+	+	+	+	-
Определение фазы развития	-	-	-	-	-
Учет инвестирования	+	+	+	+	+
Учет организационных изменений	-	-	-	-	-
Определение эффективного плана инвестирования	-	+	+	+	-
Возможность оперативного внесения изменений	+	+	+	-	-
Прогноз показателей	+	+	+	+	+

Учитывая специфику МИП, а также отсутствие специализированных прикладных программных продуктов, непосредственно ориентированных на прогнозирование развития предприятия такого типа встает задача разработки проблемно-ориентированного программного комплекса, который обеспечивал бы решение таких задач при планировании развития, как:

- Определение фазы развития предприятия в соответствии с выбранной моделью.
- Получение прогноза развития предприятия с учетом организационных изменений при переходе в следующую фазу развития.
- Возможность оперативного внесения изменений в параметры и структуру модели при изменении внешних условий.
- Учет инвестирования и определение эффективного плана привлечения инвестиций для достижения желаемых параметров предприятия.

Автором предлагается описание деятельности МИП в виде математической модели, в которой все задачи и процессы представляются как система взаимосвязанных исчисляемых показателей, а варианты развития исследуются путем имитации с помощью системно-динамической модели.

### **1.3 Динамичная модель развития предприятия Б. Ливехуда**

Развитие любой организации, в том числе и МИП, можно представить в виде последовательности сменяющихся фаз развития, количество и особенности которых определяются применяемой к рассмотрению моделью жизненного цикла. Таких моделей, отражающих сущность развития организаций, создано уже достаточно много. Их разработкой занимались А. Доунс, Б.Ливехуд, Б.Скотт, Л.Грейнер, У.Торберт, И.Адизес, Р. Канн, Д. Кац, Дж. Кимберли, Р. Куинн, Д. Лестер, В.Б. Акулов, И.А. Баранюк, Е.П. Гарина, Е. Емельянов, Э.М. Коротков, Г.В. Старченко, А.К. Тереханов, С.Р. Филонович и другие отечественные и зарубежные ученые [128,133,102,122,38,4].

Использование моделей позволяет выявлять и прогнозировать основные типичные причины организационных кризисов, и преодолевать эти кризисы в соответствии с представляемыми теоретическими положениями.

И. Адизес [3] выделил десять этапов, которые проходит организация в своем развитии: «Ухаживание (courtship)», «Младенчество (infancy)», «Давай-Давай (go-go)», «Юность (adolescence)», «Ранний расцвет (early prime)», «Поздний расцвет (late prime)», «Аристократизм (aristocracy)», «Салем-Сити (salem city)», «Бюрократизм», «Смерть» (рисунок 2).



Рисунок 2 - Модель развития предприятия И. Адизеса

В данной модели в качестве основных параметров жизнедеятельности предприятия выступают гибкость и контролируемость (управляемость), при этом на начальном этапе преобладает первый параметр, а с постепенным развитием предприятия соотношение меняется и на первый план выходит второй параметр.

«Ухаживание» - этап зарождения организации, когда существующая бизнес-идея готова к воплощению в жизнь.

«Младенчество». К особенностям данной стадии развития можно отнести небольшой бюджет, нечеткую структуру управления. Дальнейшее развитие предприятия возможно при постоянном контроле доходов.

«Давай-Давай» - стадия быстрого роста. На данном этапе осуществляется мнимое делегирование, поскольку основатель пытается контролировать все. Интуитивный стиль управления, который может привести к кризису.

«Юность». На данном этапе вводится делегирование полномочий, изменение системы руководства, в результате чего возникают противоречия между целями предприятия и целями отдельных сотрудников. Если проводимые изменения имеют положительный эффект, то организация переходит в следующую фазу развития.

На этапе «Раннего расцвета» предприятие достигает баланса между двумя основными параметрами – гибкостью и управлением. В данной фазе развития развивается организационная структура, вводится планирование, растет объем продаж, и соответственно увеличивается доход.

«Поздний расцвет». На данном этапе предприятие начинает терять гибкость, вследствие чего его рост прекращается. На рынке сбыта достигаются стабильные показатели. Основная задача – поддержание имеющегося уровня производства, внедрение инноваций не производится.

При переходе к стадии «Аристократизма» у предприятия имеется значительный запас денежных ресурсов. Характерным является отсутствие рискованных решений, трата средств на совершенствование систем контроля, покупка других компаний для получения новых продуктов.

«Салем-Сити». Основными показателями данной фазы являются: возрастание социальной напряженности, увеличение количества конфликтов в организации, начинается череда увольнений.

На стадии «Бюрократизма» происходит снижение производства и прибыли. Существование предприятия возможно за счет государственной поддержки.

Итоговой фазой развития является «Смерть», когда преобладание расходов над доходами приводит к банкротству компании.

В своей работе И. Адизес приводит описание основных параметров жизнедеятельности организаций, но не определяет пределы роста организации, границы стадий размыты и условны, четкого определения того, какая стадия позволит предприятию дольше существовать, нет. Отмечается, что смерть предприятия неизбежна в любом случае.

В модели Л. Грейнера [26] выделено пять этапов развития организации: «Рост через креативность», «Рост через директивное руководство», «Рост через делегирование», «Рост через координацию», «Рост через сотрудничество» (рисунок 3).

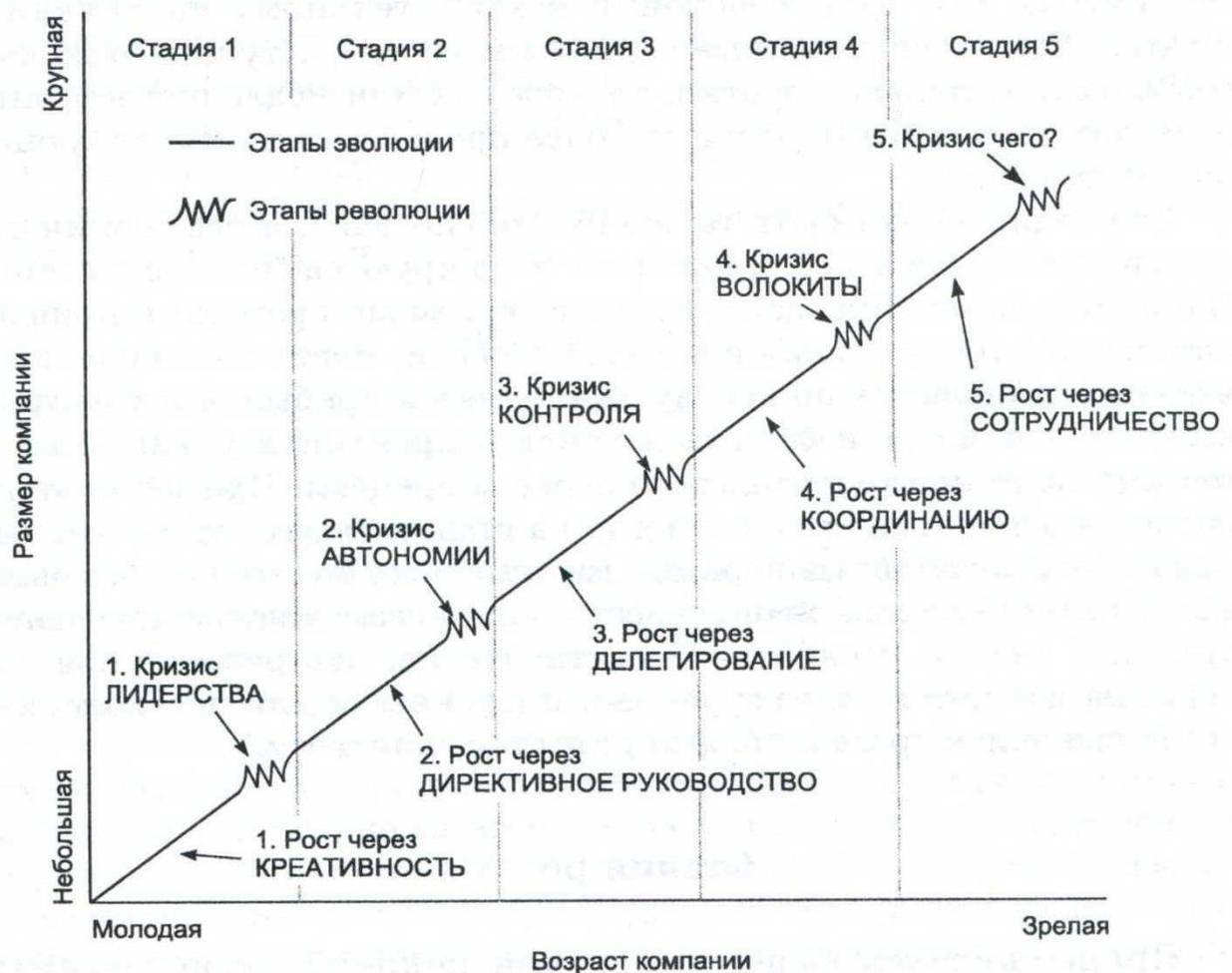


Рисунок 3 - Модель развития предприятия Л. Грейнера

Л. Грейнер [97] описывает развитие предприятия через последовательность кризисных точек, ключевыми показателями развития которого являются: возраст организации, размер организации, темпы роста отрасли.

«Рост через креативность» - стадия зарождения предприятия. На данном этапе развития организационная структура предприятия не формализована, практически полностью отсутствует система контроля, создаются новые продукты, рынки, количество проектов в год не превышает 15. По окончании фазы наступает кризис лидерства, возможным выходом из которого является наем профессионального менеджера для регулирования управленческих процессов.

«Рост через директивное руководство». Для данной фазы характерным является наличие профессионального менеджмента, вводится функциональная структура, появляется четкая система разделения труда, общее количество проектов возрастает до 30. Уход из компании инициативных людей приводит к кризису автономии. Для преодоления сложившейся ситуации необходимо ввести делегирование полномочий.

«Рост через делегирование». На данной стадии вводится децентрализация функций, что увеличивает потенциал развития организации. В реализации проектов параллельно участвуют несколько подразделений, при этом общее количество проектов может достигать 120. Кризисом данной фазы является кризис контроля в связи с внутриорганизационными конфликтами.

«Рост через координацию». В этот период в структуре организации появляются стратегические подразделения (центры планирования и инвестиций), которые координируют функционирование подразделений. Общее количество проектов увеличивается до 300. В связи с разрастанием организации возникает кризис волокиты.

«Рост через сотрудничество». Общее количество проектов подходит к 1000. Основной целью организации на данном этапе является слаженность работы команды и общая цель компании, при этом структурные преобразования не приводят к дальнейшему развитию.

Модель Л. Грейнера в отличие от модели И. Адизеса приводит более четкое описание стадий развития предприятия, но данная модель является незавершенной. Отмечается, что в каждой фазе организация может находиться не более 15 лет, при этом стадий может быть бесконечное количество, но вернуться к предыдущему этапу уже нет возможности.

Еще одна модель развития предприятия была разработана Б. Ливехудом [23]. Она описывает три фазы развития предприятия (пионерскую, дифференциальную, интегральную), их особенности, проблемы, возникающие в каждой фазе, обосновывает необходимость структурных изменений при фазовом переходе (рисунок 4).

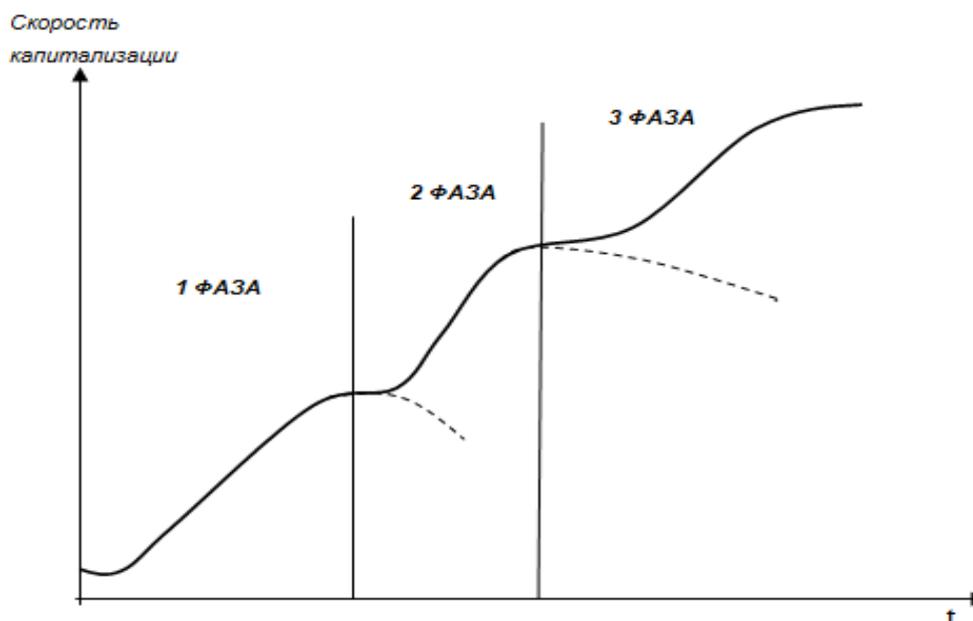


Рисунок 4 - модель развития Б. Ливехуда

В данной модели предприятие рассматривается с точки зрения системного подхода и представляет собой объединение трех подсистем (Таблица 2): культурной (политика, стратегия предприятия), социальной (численность персонала, тип высшего руководства) и технико-инструментальной (описание общей организации хода дел на предприятии, физические средства) [36].

Таблица 2 - Подсистемы предприятия в модели Б. Ливехуда

Подсистемы	Сущностные элементы	Оцениваемые параметры
Культурная	1. Идентичность	Объект, с которым ассоциируется предприятие
	2. Политика, стратегия, программы.	Планируемый период; значение планирования; особенности процесса постановки целей, наличие и значение стратегии и миссии
Социальная	3. Структура.	Размер предприятия (численность персонала)

Таблица 2 Продолжение

	4. Люди, группы, климат, руководство	Роль высшего руководства (собственник, наемный менеджер, коллегиальный орган); преобладающий характер межличностных коммуникаций
	5. Отдельные функции, органы	Практика разделения рабочих функций
Технико-инструментальная	6. Процессы, общий ход дела.	Описание общей организации хода дел на предприятии
	7. Физические средства	Роль физических средств на предприятии

Основными особенностями пионерской фазы являются: небольшой стартовый капитал, неустойчивое финансирование, производство малых партий, узкий рынок сбыта, плоская структура управления, при которой между руководством и исполнителями работ обычно мало промежуточных уровней управления, а также отсутствие четкой стратегии развития.

При появлении конкурентов, прибыль снижается, возникает кризис. Одним из способов преодоления кризисного состояния является реорганизация предприятия - изменение структуры управления.

Переход в фазу дифференциации связан с расширением рынка сбыта, увеличиваются объемы производства продукции, вводится массовое производство, жесткое управление предприятием, стандартизация. Основная цель данного этапа - увеличение продаж. Одним из возможных вариантов последующего развития такого предприятия является разбиение его на несколько малых.

Бюрократизация приводит к увеличению времени принятия решений, расходы начинают превышать доходы, вследствие чего предприятие переходит в стадию

кризиса фазы дифференциации. Дальнейшее развитие возможно при переходе на новый уровень управления (переход в фазу интеграции).

Определяющим фактором развития предприятия в третьей фазе становится коллектив совместно работающих людей, вводится стратегическое управление персоналом, что позволяет обновить организацию и обеспечить устойчивость функционирования предприятия. Происходит переход к конкуренции обслуживания, начинается активное применение научных разработок, основой развития менеджмента становятся инновации.

Данная модель развития предприятия является наиболее полной и содержательной, в ней учитывается влияние внутренней и внешней среды.

Соответствие фаз развития рассмотренных моделей представлено в таблице 3.

Таблица 3 - Соответствие фаз развития моделей И. Адизеса, Л. Грейнера и Б. Ливехуда [36]

Модель Л. Грейнера	Модель И. Адизеса	Модель Б.Ливехуда, Ф. Глазла
	«Ухаживание»	
«Рост через креативность»	«Младенчество»	Пионерская фаза
	Смерть в младенчестве	
	«Давай-Давай»	
Кризис лидерства	Ошибка руководителя	Кризис пионерской фазы
«Рост через директивное руководство»	«Юность»	Фаза дифференциации
Кризис автономии		
«Рост через делегирование»		
Кризис контроля	Преждевременное старение	Кризис фазы дифференциации
«Рост через координацию»		
Кризис границ		

Таблица 3 - Продолжение

«Рост через сотрудничество»	«Ранний расцвет»	Фаза интеграции
Кризис роста	«Поздний расцвет»	Кризис фазы интеграции
	«Аристократизм»	
	«Салем-Сити»	
	«Бюрократизм»	
	«Смерть»	
		Фаза ассоциации

Любая организация проходит через несколько стадий развития, которые обладают своей спецификой. Для успешного управления предприятием необходимо своевременно и эффективно решать характерные проблемы, возникающие на каждом этапе развития.

#### 1.4 Выбор метода моделирования развития МИП

Одним из эффективных методов моделирования в области исследования и управления сложными системами является имитационное моделирование (ИМ) [58,31]. Оно позволяет с достаточным уровнем адекватности решаемой задаче отразить все необходимые особенности моделируемой системы практически любого уровня сложности.

Применение ИМ позволяет описать структуру реального объекта, проследить его поведение во времени, а также дает возможность анализировать изменения рассматриваемого объекта в зависимости от изменения различных факторов, представляемых входными данными или структурой модели.

В качестве достоинств такого подхода к решению задач можно выделить:

- сокращение времени анализа ситуаций и изменений объекта моделирования,
- возможность проведения неограниченного количества экспериментов с разными параметрами,

- наглядность представления результатов за счет визуализации процесса работы системы во времени,
- решение широкого круга задач в области стратегического планирования, бизнес-моделирования и реинжиниринга, менеджмента и управления производством.

Основная особенность имитационного моделирования - это возможность оценить параметры системы в условиях недостаточности информации. Они позволяют сделать оценки параметров случайных процессов, которые окружают обычные системы, оценки параметров самих систем, а это в свою очередь, дает возможность прогнозировать характер поведения объектов исследования [6,12].

Одним из методов имитационного моделирования является метод системной динамики, основоположником которого является Дж. Форрестер [92]. Согласно данному подходу объект исследования представляется сложной системой прямых и обратных причинно-следственных связей [96]. Математически они описываются системами дифференциальных уравнений. Графическое представление переменных задается в виде так называемых «stock and flow diagrams» (диаграммы накопителей и потоков).

Метод системной динамики применяется для решения задач управления и анализа функционирования различных систем [116,94] и позволяет учитывать в модели, как материальные ресурсы, так и нематериальные активы. Можно выделить основные области применения данного подхода:

- Сложные, слабо формализованные ситуации, в которых применение аналитических методов невозможно, либо они настолько сложны и трудоемки, что динамическое моделирование в данном случае предлагает более простой способ решения проблемы.
- Моделирование поведения систем в ситуациях, которые раньше не встречались (применяется для предварительной проверки новых стратегий управления системой перед проведением эксперимента на реальном объекте).
- Моделирование ситуаций, наблюдение которых осложнено большой длительностью их развития или наоборот, т.е. когда необходимо

контролировать ситуации путем ускорения или замедления явлений в ходе имитационного эксперимента.

Применение данного подхода для моделирования развития предприятия, а также бизнес-процессов [114], происходящих в организации, приводится во многих трудах как отечественных [75,44,72,83], так и зарубежных исследователей [136,89,125,115]. Наиболее значительные труды в этой области принадлежат Дж. Стерману и Л.Б. Суини, совместные исследования которых заложили основу изучения данной проблематики [82,130].

Существует не так много работ по имитационному моделированию, которые описывают организационные процессы обслуживания именно инновационных предприятий [29,88,43], поэтому автором настоящего диссертационного исследования предлагается разработать математическое и программное обеспечение поддержки управления развитием малых инновационных предприятий.

Анализ существующих моделей развития предприятий позволил выделить динамичную модель Б. Ливехуда, которая описывает три фазы развития предприятия (пионерскую, дифференциальную, интегральную), их особенности, проблемы, возникающие на каждом этапе развития, обосновывает необходимость структурных изменений при фазовом переходе. Полнота и содержательность модели позволяют использовать ее в качестве теоретической основы при разработке программного обеспечения поддержки управления развитием малых инновационных предприятий.

Метод информационной поддержки управления развитием МИП должен позволять определять момент времени для реализации решения по изменению организационной структуры предприятия в соответствии с принятой моделью развития предприятия, а также характеристики необходимых управляющих воздействий.

Поскольку программный комплекс подразумевает создание имитационной модели, а также и ее использование, вводится разделение прав доступа к модулям разрабатываемого программного обеспечения. Первая категория – это «эксперты-

консультанты», задача которых состоит в формировании компьютерной модели МИП, обеспечивающей имитационное моделирование вариантов развития МИП. Вторая категория – лица принимающие решения (ЛПР), которые используют сформированную экспертами модель для анализа возможных вариантов развития МИП, выбора предпочтительного для них варианта и определение параметров его реализации.

В соответствии с задачами, которые должно решать разрабатываемое программное обеспечение, можно выделить основные требования к средствам информационной поддержки эффективного управления развитием МИП:

1. Поддержка разработки имитационной модели развития МИП, включая интерактивное создание когнитивной модели и итерационный синтез соответствующей ей структуры системно-динамической модели.
2. Формирование и сравнительный анализ с использованием имитационного моделирования альтернативных сценариев развития МИП с целью выбора приемлемого варианта развития в соответствии с разработанным методом информационной поддержки управления развитием МИП.
3. Реализация процедур обратного планирования, позволяющего определить начальные условия, приводящие к достижению заданных целевых показателей развития МИП.

## **Выводы по главе 1**

В результате исследования методологической базы, являющейся основополагающей ступенью для постановки и решения вопросов, связанных с развитием инновационного предприятия, установлено, что в России в настоящий момент отсутствует единое законодательное определение для терминов "субъект малого инновационного предпринимательства" и "малое инновационное предприятие". В связи с этим в рамках настоящего диссертационного исследования под малым инновационным предприятием будем понимать субъект малого предпринимательства, использующий для производства товаров или услуг результаты экспериментальных разработок, научной (научно-исследовательской) и научно-технической деятельности.

Развитие малых инновационных предприятий, как и других типов предприятий, можно представить в виде последовательности сменяющихся фаз развития, каждая из которых имеет определенные особенности. Существующие модели развития предприятий имеют качественный характер и не дают единого согласованного набора фаз развития, их признаков и критериев перехода между фазами.

Среди существующих моделей развития предприятий наиболее содержательной является модель разработанная Б. Ливехудом. Данная модель обеспечивает концептуальную основу для разработки метода информационной поддержки управления развитием малого инновационного предприятия.

Анализ имеющихся программных продуктов в области поддержки развития предприятий показал, что ни одно из них не обеспечивает поддержку решения задач определения эффективных сценариев развития малых инновационных предприятий с учетом переходов между фазами их развития. Это обуславливает необходимость разработки специального программного обеспечения, ориентированного на поддержку управления развитием МИП.

Средства информационной поддержки управления развитием малых инновационных предприятий, обеспечивающие возможность оперативного анализа вариантов их развития, должны включать инструменты имитационного

моделирования и формального сравнения результатов имитационных экспериментов. С учетом особенностей различных МИП эффективным инструментом имитационного моделирования их функционирования и развития представляется системная динамика.

В соответствии с задачами, которые должно решать разрабатываемое программное обеспечение, можно выделить две категории пользователей: «эксперты-консультанты», осуществляющие формирование компьютерных моделей исследуемого предприятия, и лица принимающие решения (ЛПР), которые используют модель для поиска эффективных вариантов развития предприятия с учетом собственных предпочтений.

## **ГЛАВА 2. Метод информационной поддержки управления развитием МИП**

Неотъемлемой частью создания программного обеспечения поддержки управления развитием малых инновационных предприятий является разработка соответствующего метода информационной поддержки. В данной главе изложены положения, принятые за основу при разработке метода информационной поддержки, описаны общая структура и формальный аппарат реализации разработанного метода. Представлены два этапа разработанного метода, обеспечивающие решение задач прямого и обратного планирования развития малого инновационного предприятия с использованием результатов серий экспериментов, имитирующих варианты сценариев развития предприятия при различных условиях.

### **2.1 Основные положения метода информационной поддержки управления развитием МИП**

Предлагаемый метод должен обеспечивать повышение эффективности принимаемых решений по управлению развитием малых инновационных предприятий. В рамках настоящей работы развитие предприятия представляется в виде последовательности сменяющихся фаз, при этом фазовый переход подразумевает под собой изменение структуры предприятия в соответствии с рассмотренной ранее моделью развития предприятия Б. Ливехуда. Согласно данной модели структура предприятия представляет собой совокупность трех подсистем: культурной (политика, стратегия предприятия), социальной (численность персонала, тип высшего руководства) и технико-инструментальной (описание общей организации хода дел на предприятии, физические средства).

Достижение предприятием определенной фазы развития определяется состоянием его структуры управления. В большинстве случаев кризисные явления фазы связаны с тем, что существующая структура организации сдерживает ее дальнейший рост (структура предприятия не соответствует

текущей ситуации и происходящим изменениям). Поэтому согласно модели Б. Ливехуда для эффективного функционирования развития МИП необходимо обеспечить возможность перехода в следующую фазу развития за счет структурных изменений на предприятии, что позволит преодолеть кризисные явления для дальнейшего развития.

В работе [37] представлены выборочные показатели, которые учитываются при управлении процессами развития предприятия. Они включают такие элементы организационной структуры, как различные виды затрат, объемы продаж, доходность, время изготовления продукции, трудовые ресурсы, текучесть кадров и другие. Поскольку в настоящем диссертационном исследовании речь идет о малых инновационных предприятиях, при управлении предприятием к показателям будут отнесены научно-исследовательские разработки и затраты, связанные с ними. Особое внимание уделяется такому понятию, как капитализация предприятия.

Реальная капитализация предприятия [28] подразумевает под собой увеличение реальной стоимости имущества за счет пополнения оборотных и внеоборотных активов, используя инвестиции. Она позволяет укрепить финансовую устойчивость фирмы, повысить ее кредитный рейтинг, увеличить ее рыночную стоимость.

В качестве управляющих параметров при работе с моделью были выбраны такие элементы, как:

- расходы на выплату заработной платы;
- затраты на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИОКР);
- цена за единицу товара (складывается из себестоимости и наценки на товар).

При этом для каждого управляющего параметра устанавливается диапазон (верхняя и нижняя граница) возможных значений в соответствии с текущими экономическими условиями.

На основании анализа указанной информации ЛПР необходимо определить, когда именно следует осуществлять структурные изменения предприятия,

переводящие его на следующую фазу развития и обеспечивающие требуемый уровень эффективности его функционирования, а также оценить условия, которые позволят с течением времени достичь желаемых показателей развития предприятия.

Поэтому средства информационной поддержки управления развитием МИП должны обеспечить решение двух взаимосвязанных задач. Первая задача – задача прямого планирования – определение эффективного с точки зрения задаваемых ЛПР критериев сценария развития предприятия. Решение данной задачи подразумевает определение на шкале времени точек реализации структурных изменений, обеспечивающих переход предприятия на следующую фазу развития с учетом достижения наиболее эффективных с точки зрения пользователя показателей деятельности предприятия при заданных исходных условиях. При решении этой задачи должна обеспечиваться возможность варьирования входных параметров (расходов на заработную плату, затрат на НИОКР, изменение цены на товар за счет управления ее наценкой), а также учет предпочтений ЛПР по критериям оценки сценариев развития МИП.

Вторая задача – задача обратного планирования - заключается в определении начальных условий и эффективной схемы инвестирования, которые должны обеспечить достижение задаваемого пользователем желаемого конечного состояния (набора параметров и характеристик) развития МИП. В качестве параметра, описывающего развитие предприятия, была выбрана скорость капитализации (скорость изменения).

Получить количественные оценки искомых параметров позволяет имитационное моделирование процесса развития МИП. Эффективным способом формального представления взаимосвязей и динамики изменения параметров и характеристик МИП является метод системной динамики, предложенный Дж. Форрестером [92]. Для обоснованного выбора предпочтительных вариантов результаты моделирования рассматриваемых сценариев развития МИП должны быть подвергнуты формальному сравнительному анализу с учетом задаваемых ЛПР критериев.

На основании вышеизложенного можно сформулировать следующие основные положения разрабатываемого метода информационной поддержки управления развитием МИП:

- Развитие малого инновационного предприятия представляется как последовательная смена фаз развития, переход между которыми сопровождается структурными изменениями предприятия.
- Период роста эффективности, характерный для начала каждой фазы развития предприятия, является конечным. Поэтому разрабатываемый метод должен обеспечивать получение прогнозной оценки временной зоны начала регрессионного этапа с целью подготовки и своевременной реализации структурных изменений, обеспечивающих переход предприятия на следующую фазу развития.
- При оценке эффективности вариантов развития МИП важную роль играют субъективные факторы, обусловленные предпочтениями ЛПР. Разрабатываемый метод должен обеспечивать возможность формального учета таких факторов при сравнительном анализе сценариев развития МИП.
- Структурные изменения МИП, связанные с переходами между фазами его развития, требуют определенных затрат (инвестиций). Разрабатываемый метод должен обеспечивать определение схемы эффективного инвестирования при наличии значимой неопределенности в условиях функционирования МИП на основе сравнительного анализа некоторого набора возможных вариантов.
- Необходимость оперативного рассмотрения и сравнительного анализа как вариантов реализации фазовых переходов во времени, так и различных схем инвестирования при существующей неопределенности условий функционирования МИП предопределяет необходимость использования имитационного моделирования в рамках разрабатываемого метода информационной поддержки.
- Интеграция в рамках разрабатываемого метода информационной поддержки результатов анализа вариантов осуществления фазовых

переходов в развитии МИП с полученными на основе имитационного моделирования рациональными схемами инвестирования обеспечит получение параметров эффективной с точки зрения ЛПР траектории развития МИП.

Таким образом, согласно рассмотренным положениям при разработке метода необходимо учитывать, что каждой фазе развития предприятия соответствует отдельная модель. Модели различных фаз отличаются друг от друга структурой, отражающей организационные изменения в деятельности МИП в связи с переходом между фазами его развития. При этом момент окончания предыдущей фазы развития является началом последующей, поэтому параметры компонентов моделей во временной точке перехода между фазами должны совпадать.

При заданной структуре имитационной модели конкретной фазы варьирование траектории развития МИП (скорость изменения капитализации) в пределах этой фазы определяется входными параметрами модели.

Для корректной работы комплекса разработкой системно-динамической модели МИП должен заниматься эксперт в рассматриваемой предметной области, который имеет навыки разработки СД моделей и обладает необходимым уровнем знаний для задания вида взаимосвязей между компонентами имитационной модели и их количественных параметров. Проведение экспериментов для получения приемлемого варианта развития входит в компетенцию как ЛПР, так и эксперта, последний из которых имеет возможность вносить корректировки в модель в соответствии с меняющимися условиями.

Каждый этап планирования включает выполнение операций с данными, полученными в ходе нескольких имитационных экспериментов. В связи с чем возникает задача хранения как условий, так и результатов проведенных имитационных экспериментов для дальнейшей обработки. В настоящей работе это решается за счет использования базы данных, прямой доступ к которой запрещен с целью предотвращения возможных случайных изменений хранимых данных.

Выполнение первого этапа планирования подразумевает под собой:

- проведение серии имитационных экспериментов и сохранение результатов моделирования для некоторого, определяемого пользователем, набора комбинаций входных параметров,
- расчет критериев эффективности ведется с использованием результатов каждого из промоделированных вариантов, при этом показателями критериев являются: максимальная скорость капитализации, минимальное время достижения этого значения, изменение скорости капитализации за весь период моделирования.
- определение момента времени реструктуризации предприятия для перехода в следующую фазу развития, принимая во внимание предпочтения лица принимающего решения, формально определенные весами компонентов рассчитываемого критерия эффективности варианта развития.

Второй этап планирования оперирует готовой информацией о сценарии развития предприятия на всем этапе жизненного цикла предприятия. Данный сценарий формируется путем «слияния» выбранных на предыдущем этапе вариантов развития для каждой фазы. При реализации этапа учитываются предпочтения ЛПР по управлению предприятием и необходимым параметрам развития. К ним относятся такие показатели, как сумма и время инвестирования. Разрабатываемый метод в данном случае позволяет оценить возможность достижения заданных параметров функционирования предприятия на определенный момент времени, а также выявить наилучший вариант развития предприятия, применяя метод динамического программирования Беллмана.

## **2.2 Формализация модели фаз развития МИП**

Применение метода информационной поддержки управления развитием МИП позволяет проследить развитие предприятия от начала его функционирования до момента перехода организации в разряд средних. Для формирования сценариев развития используется имитационная модель, отражающая культурную, социальную и технико-инструментальную подсистемы предприятия в их взаимосвязи. При разработке модели необходимо учитывать

такие показатели МИП, как затраты на производство, доходы, расходы на НИОКР, объемы продаж, трудовые ресурсы, прием и увольнение персонала, налоговые выплаты и другие. Скорость капитализации при этом является ключевым элементом, изменение значений которого отражает развитие предприятия.

Как было указано в разделе 2.1, разрабатываемый метод обеспечивает решение задач как прямого, так и обратного планирования развития МИП. Прямое планирование заключается в поиске эффективных с точки зрения ЛПР вариантов развития предприятия в каждой фазе с учетом введенных предпочтений пользователя и выбранных точек реструктуризации. Целью обратного планирования является определение наиболее выгодных инвестиционных решений в каждой фазе для достижения предпочтительных с точки зрения пользователя параметров модели развития предприятия. Для разработки алгоритмов реализации метода информационной поддержки управления развитием МИП необходимо провести формализацию используемой модели развития (рисунок 5).

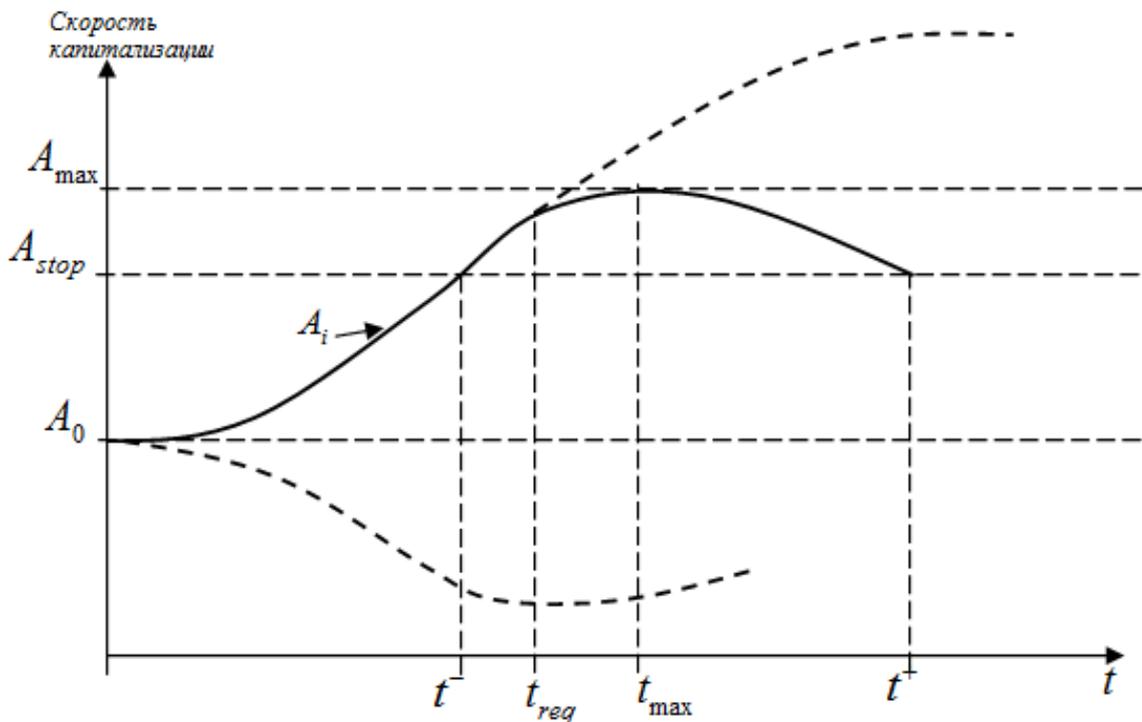


Рисунок 5 - Схема траектории изменения скорости капитализации МИП

На представленном рисунке изображены варианты возможных траекторий развития предприятия (как сплошные, так и пунктирные линии изменения скорости капитализации). Характер траектории зависит от значений параметров предприятия. Данные параметры являются элементами множества входных параметров имитационной модели  $\{\bar{X}_i\}$ , где  $\bar{X}_i = (x_1, x_2, x_3)_i$  – определяет начальные условия конкретного варианта моделирования и включает:

- $x_1$  - затраты на одно изделие,
- $x_2$  - размер средней заработной платы,
- $x_3$  - затраты на интеллектуальную собственность,

причем каждое  $x_*$  может быть представлено набором значений.

Значения входных параметров  $\{\bar{X}_i\}$  и структура системно-динамической модели определяют динамику значения  $A_i$  во времени ( $i$ -номер вычислительного эксперимента).

Для дальнейшего расчета критериев необходимо учитывать начальную скорость капитализации МИП -  $A_0$ , максимальную достижимую скорость капитализации  $A_{\max}$  и время достижения  $A_{\max}$ , равное  $t_{\max}$ . При проведении имитационного эксперимента варианты развития, при которых значение скорости капитализации опускается ниже значения  $A_0/2$  в рассмотрение не берутся (пунктирная линия, исходящая из  $A_0$ , характеризующая спад), поскольку данная тенденция отражает негативные процессы, происходящие в МИП. Выбор такого сценария развития неизбежно приведет к банкротству организации.

Для учета окончания фазы развития рассматривается временная характеристика  $t_{stop}$ , которая содержит в себе информацию о времени останова вычислительного эксперимента. Ее значение можно определить, вычислив  $A_{stop} = k \cdot A_{\max}$ , где  $k$  является задаваемым параметром, причем  $0 < k < 1$ . Поскольку, таких значений, при которых  $A = A_{stop}$ , как правило, два, в рассмотрение берется временная характеристика, при которой  $t_{stop} > t_{\max}$ .

Задача прямого планирования подразумевает под собой определение на шкале времени точек реализации структурных изменений, которые принадлежат диапазону  $[t^-; t^+]$ . Границы диапазона определяются согласно формуле  $A = A_{stop}$ , причем значение верхней границы равно:  $t^+ = t_{stop}$ .

Искомая временная точка реструктуризации МИП  $t_{req} \in [t^-; t^+]$  определяется в соответствии критериями, которые формируются при анализе каждого сценария развития. При расчете критериев учитывается вектор результатов  $i$ -го вычислительного эксперимента  $\bar{Y}_i = (A_{max}, t_{max}, t^-, t^+, Sp)_i$ , где  $Sp$  - площадь фигуры, ограниченной графиком скорости капитализации.

### 2.3 Общая структура метода информационной поддержки управления развитием МИП

Предлагаемый метод должен решать задачи как прямого, так и обратного планирования, поэтому реализующая его технология включает два этапа (рисунок 6).

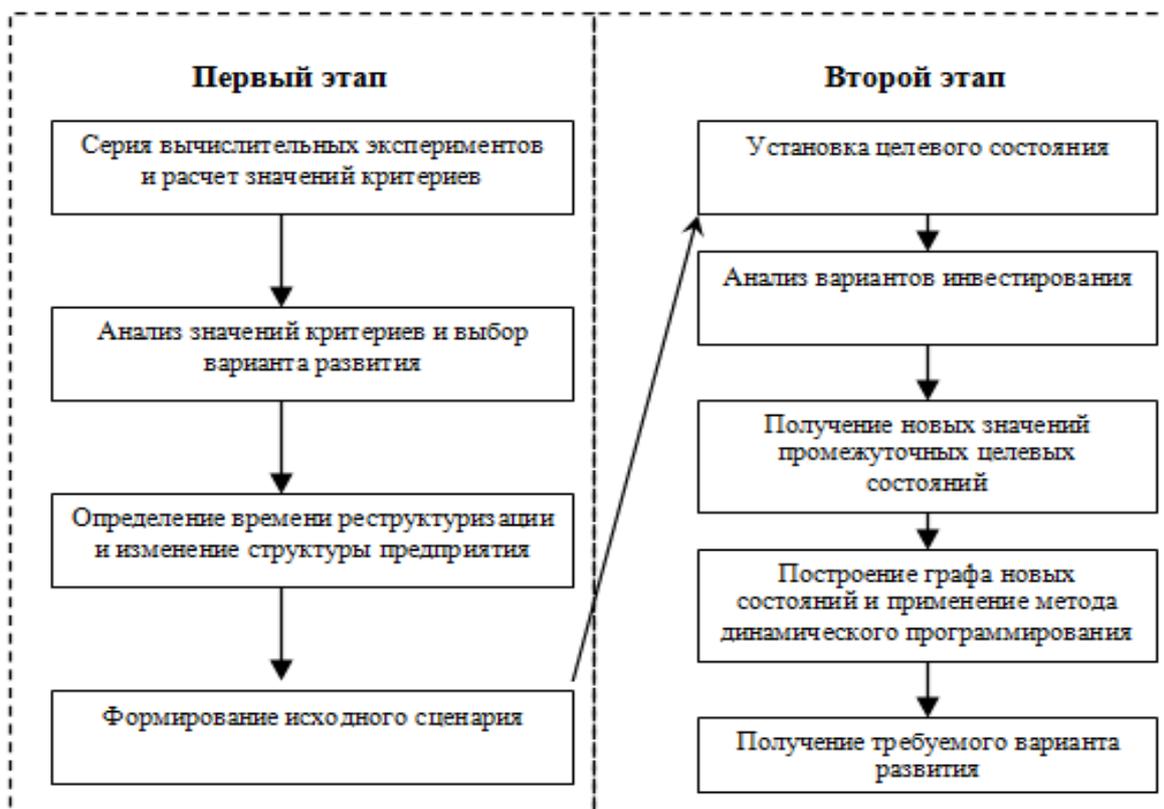


Рисунок 6 - Общий вид технологии информационной поддержки управления развитием МИП

Основной задачей *первого этапа* планирования является формирование и оценка с помощью имитационного моделирования вариантов развития МИП с целью определения момента реструктуризации (изменения организационной структуры).

Проведение серии вычислительных экспериментов некоторого, определяемого пользователем набора комбинаций значений входных параметров позволяет получить варианты развития МИП в рассматриваемой фазе. Определение приемлемого сценария осуществляется путем расчета значений критериев для каждого вычислительного эксперимента в соответствии с заданными предпочтениями пользователя.

Следующим шагом является определение момента времени для проведения структурных преобразований на предприятии с целью перехода в следующую фазу развития. Согласно предлагаемому методу определяется временной отрезок  $[t^-; t^+]$ , в пределах которого целесообразно проводить реструктуризацию. Проведение дополнительной серии вычислительных экспериментов с изменением структуры системно-динамической модели в конечном наборе точек данного временного отрезка, определяемых заданным временным шагом, позволяет получить очередной набор сценариев развития, и соответственно – набор входных и выходных параметров модели.

Для полученных данных снова проводится расчет значений критериев и выбор приемлемого варианта развития согласно методу главного критерия. Таким образом определяется момент времени для реструктуризации предприятия. Но поскольку на данном этапе развития пользователь может изменить свои предпочтения, имеется возможность провести дополнительную серию вычислительных экспериментов, начальные входные параметры которого остаются постоянными, а параметры модели в момент времени реструктуризации меняются. Расчет значений критериев для проведенных вычислительных экспериментов производится как на предыдущем шаге.

Переход в следующую фазу развития предприятия происходит по аналогичной схеме. Данный процесс имеет итерационный характер.

Результатом работы первого этапа планирования предлагаемого метода информационной поддержки управления развитием МИП является сценарий развития малого инновационного предприятия, который содержит в себе информацию о входных параметрах модели в каждой фазе развития, а также временные точки изменения организационной структуры предприятия.

На *втором этапе* решается задача обратного планирования, заключающаяся в получении сценария развития предприятия по установленным предпочтениям достижения целевого (конечного) состояния на момент времени окончания последней рассматриваемой фазы.

Используя информацию обо всех стадиях развития предприятия, а также о значении скорости капитализации на момент окончания моделирования в последней фазе, устанавливается желаемое (целевое) значение скорости капитализации в конечный момент времени.

В данном случае рассмотрение развития предприятия начинается с последней фазы. Зная начальное значение скорости капитализации для данной стадии, моделируется инвестирование с определенным временным и инвестиционным шагом за весь оставшийся период. Если при заданных условиях возможно достижение целевого состояния, данный вариант развития отмечается, как «успешный», и его параметры запоминаются (заносятся в базу данных) вместе с расчетами разницы суммарной капитализации на всей фазе развития и инвестированием, вложенным в этот период времени. При этом все начальные значения получаемых «успешных» вариантов также отмечаются как целевые состояния, но уже для предыдущей фазы развития (начальные значения для вариантов третьей фазы становятся целевыми для второй фазы).

Все рассмотренные операции для предыдущих фаз развития проводятся аналогично, пока не будет достигнуто исходное начальное состояние. Все новые состояния, а также переходы между ними с указанными весами в дальнейшем рассматриваются как параметры графа смены состояний МИП.

Дальнейший расчет, подробно представленный в разделе 2.5, ведется в соответствии принципом оптимальности Беллмана, который позволяет

определить на графе путь с максимальным весом. Получаемые данные обрабатываются и в результате выдается информация о том, имеется ли возможность достигнуть заданное состояние, а если такая возможность существует, то когда и сколько необходимо вложить инвестиций, чтобы реализовать желаемую стратегию по развитию МИП.

При использовании созданного в результате диссертационного исследования программного обеспечения оба этапа могут реализовываться как экспертом-консультантом, так и ЛПР. Обязательным условием реализации метода является предварительное создание экспертом системно-динамической модели, обеспечивающей имитацию различных вариантов развития МИП.

## 2.4 Этап определения предпочтительного варианта развития МИП

На рисунке 7 представлена упрощенная блок-схема первого этапа разработанного метода информационной поддержки.

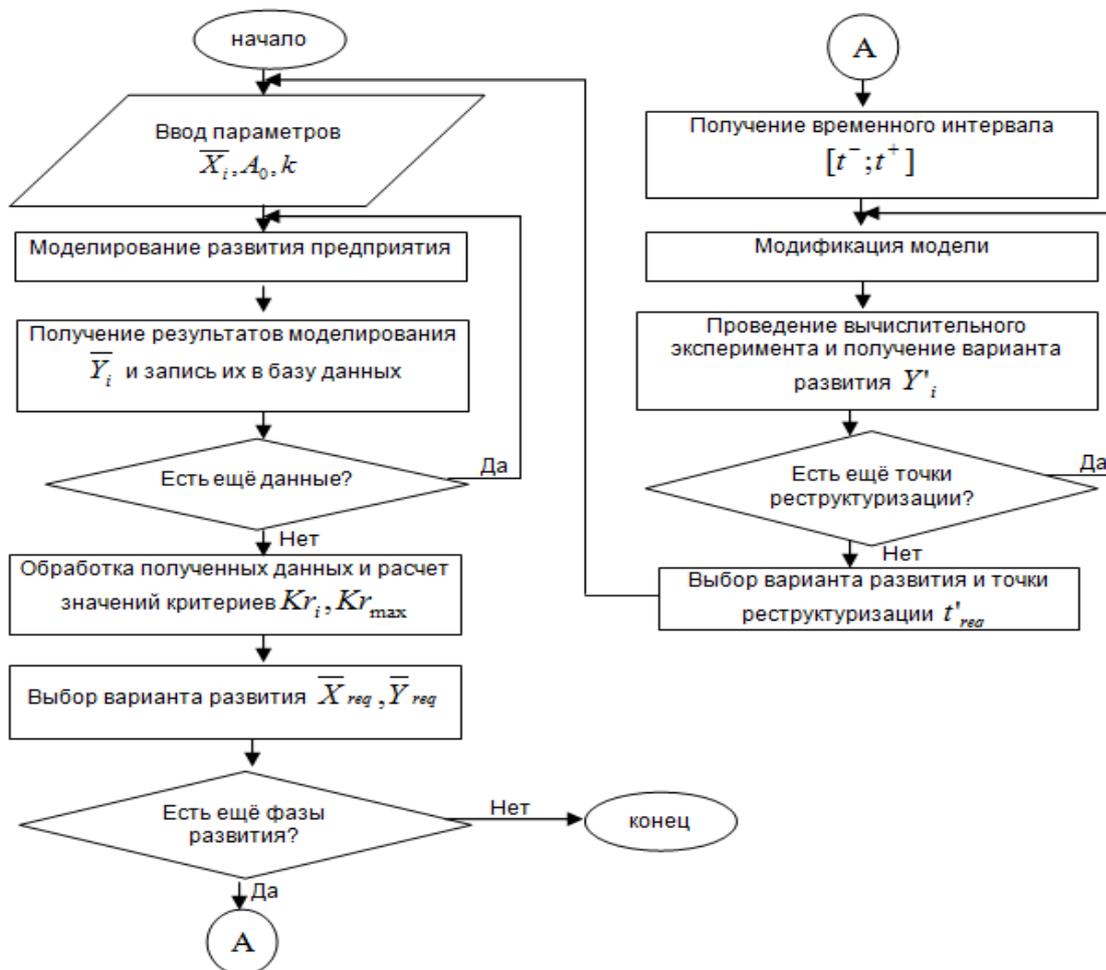


Рисунок 7 - Схема прямого планирования при управлении развитием МИП

Для решения задачи определения момента изменения организационной структуры МИП используется метод главного критерия. В результате серии из  $N$  вычислительных экспериментов формируются связанные наборы входных и выходных данных:  $\bar{X}_i \rightarrow \bar{Y}_i, i = \overline{1, N}$ .

Для каждого набора данных вектора  $\bar{Y}_i$  проводится нормирование значений элементов  $A_{\max}, t_{\max}, Sp$ :

$$A_{\max_i}^{norm} = A_{\max_i} / \max(A_{\max_i})|_{i=1, \dots, N}, \quad (1)$$

$$Sp_i^{norm} = Sp_i / \max(Sp_i)|_{i=1, \dots, N}, \quad (2)$$

$$t_{\max_i}^{norm} = t_{\max_i} / \max(t_{\max_i})|_{i=1, \dots, N}, \quad (3)$$

где  $N = |\{x_1\}| * |\{x_2\}| * |\{x_3\}|$  - количество вариантов вычислительных экспериментов.

Используя полученные значения необходимых параметров, производится расчет критериев  $Kr_i$  по каждому имитируемому сценарию с учетом заданных на основании предпочтения пользователя весов показателей ( $0 < wes_s < 1$ ), которые характеризуют эффективное управление развитием МИП:

$$Kr_i = wes_1 \cdot Sp_i^{norm} + wes_2 \cdot A_{\max_i}^{norm} - wes_3 \cdot t_{\max_i}^{norm}, i = \overline{1, N} \quad (4)$$

Искомыми  $\bar{X}_{req} = \bar{X}_j; \bar{Y}_{req} = \bar{Y}_j$  являются параметры и результаты  $j$ -го вычислительного эксперимента, для которого полученное значение критерия максимально:  $Kr_j = Kr_{\max} = \max(Kr_i)|_{i=1, \dots, N}$ .

Поиск на оси времени точки  $t_{req}$  эффективного перехода к следующей фазе развития МИП осуществляется путем проведения очередной серии имитационных экспериментов с учетом реструктуризации МИП в каждой точке  $t_r \in [t^-; t^+]$ , определяемой с некоторым шагом  $\Delta t$ . В результате расчета критериев для вновь полученных вариантов определяется искомая точка  $t_{req}$ .

При необходимости в точке  $t_{req}$  может быть задан новый набор значений  $\bar{X}'$ . Точка перехода к третьей фазе  $t'_{req}$  определяется по аналогичной схеме, но с изменением структуры и, возможно, параметров модели в точке  $t_{req}$ .

По завершению первого этапа разработанного метода обработки данных формируется набор значений  $(X_{req}, X'_{req}, X''_{req}, t_{req}, t'_{req}, A''_{stop})$ , включающий:

$X_{req}, X'_{req}, X''_{req}$  - наборы параметров, характеризующих МИП на начале каждой из трех рассматриваемых фаз развития;

$t_{req}, t'_{req}$  - точки, соответствующие «моментам» времени реализации структурных изменений, переводящих МИП на вторую и третью фазы развития соответственно;

$A''_{stop}$  - значение скорости капитализации в конце временного интервала прогнозирования.

Данный набор определяет предпочтительный вариант развития МИП при заданных начальных условиях  $X_{req}$ .

## 2.5 Этап обратного планирования развития МИП

На втором этапе разработанного метода информационной поддержки управления развитием МИП - этапе обратного планирования [41] - основным «инструментом» достижения поставленной цели является инвестирование. Для определения оптимальной (по Беллману) схемы инвестирования, система состояний представляется конечным взвешенным ориентированным графом  $Gr$ , вершины которого взаимно однозначно соответствуют состояниям системы, характеризуемым текущей скоростью капитализации МИП ( $A_b$ ), дуги – управлениям, определяемым набором параметров ( $\bar{X}_b$ ), веса дуг  $w_b$  – стоимостям соответствующих переходов, которые рассчитываются по формуле:

$$w_b = \sum A_b - fond_b, fond_b \geq 0, b = \bar{1}, \bar{l}, \quad (5)$$

где  $\sum A_b$  – суммарное значение капитализации предприятия в  $b$ -м имитационном эксперименте;  $fond_b$  – соответствующие инвестиции, вложенные в данное предприятие,  $l$  – количество сценариев, приводящих к заданным состояниям.

Для определения искомой траектории развития предприятия, обеспечивающей достижение целевого состояния, на сформированном графе  $Gr$  вычисляется наилучший путь методом динамического программирования в соответствии с принципом оптимальности Беллмана.

Согласно теории метода динамического программирования [17] рассматривается система  $Sys$ , которая переводится из начального состояния  $Sys_0$  в конечное состояние  $Sys_{end}$  в результате некоторого управления  $Manag$ , которое разбито на конечное число шагов  $Step$ . Принимается во внимание, что принятие решения производится последовательно на каждом шаге, а управление, переводящее рассматриваемую систему  $Sys$  из начального состояния  $Sys_0$  в конечное  $Sys_{end}$ , будет представлять собой совокупность пошаговых управлений  $Step$ , каждое из которых характеризуется соответствующим значением функции  $W(Manag)$ .

Решение задачи динамического программирования состоит в нахождении из всех возможных управлений  $Manag$  такое  $Manag^*$ , при котором функция  $W(Manag)$  примет максимальное (минимальное) значение  $W(Manag^*)$ .

Предполагается, что состояние рассматриваемой системы  $Sys$  на каждом  $z$ -м шаге определяется числовым набором  $XS^{(z)} = (xs_1^{(z)}, xs_2^{(z)}, \dots, xs_n^{(z)})$ . Данная последовательность формируется за счет реализации управляющих воздействий  $Manag_z$ , которые обеспечивают переход системы из предыдущего состояния  $XS^{(z-1)}$  в последующее -  $X^{(z)}$ . Причем получаемое состояние  $XS^{(z)}$  зависит только от состояния  $XS^{(z-1)}$  и выбранного управления  $Manag_z$ , но не от способа перехода в новое состояние.

Если реализация  $z$ -го шага приводит к получению определенного дохода  $W_z(XS^{(z-1)}, manag_z)$ , который также зависит от  $XS^{(z-1)}$  и  $manag_z$ , то весь доход при проходе всех шагов будет:

$$Gain = \sum_{z=1}^{Step} W_z(X^{(z-1)}, Manag_z), \quad (6)$$

Решение задачи динамического программирования подразумевает нахождение такой совокупности управлений  $Manag^* = (manag_1^*, manag_2^*, \dots, manag_{step}^*)$ , применение которых приводит систему из начального состояния в конечное, а суммарный доход (6) принимает наибольшее значение.

Нахождение оптимальной стратегии возможно при последовательном определении оптимальных стратегий управления на последнем шаге, затем рассматриваются два последних шага, потом три и так далее, пока не дойдем до начального состояния системы. При этом необходимо учитывать условно оптимальное управление для всех возможных исходов предыдущего шага.

При достижении начального состояния производятся аналогичные операции, но в обратном направлении – от исходного состояния к конечному.

Применяя данный подход при реализации метода информационной поддержки управления развитием малым инновационным предприятием, для каждой фазы развития также производится выбор управлений для всех допустимых начальных состояний рассматриваемой стадии развития, которые могут возникнуть в результате предыдущих шагов (прохождение предыдущих фаз). При достижении начального состояния параметры системы фиксируются. Полученные данные используются для формирования сценария развития предприятия в «прямом» направлении (от начального к конечному). Данный вариант развития отражает развитие предприятия в соответствии с заданным целевым состоянием.

## Выводы по главе 2

Предложенный метод информационной поддержки управления развитием малых инновационных предприятий позволяет повысить эффективность принимаемых решений за счет последовательного решения задач прямого и обратного планирования с использованием имитационного моделирования динамики капитализации МИП.

В рамках метода имитационное моделирование обеспечивает получение набора траекторий развития малого инновационного предприятия на каждой фазе. При построении модели учитывались такие показатели МИП, как затраты на производство, доходы, расходы на НИОКР, объемы продаж, трудовые ресурсы, прием и увольнение персонала, налоговые выплаты и другие. В качестве параметра, отражающего развитие предприятия, была взята скорость капитализации, траектория изменения которой определяется комбинацией следующих входных параметров: расходы на выплату заработной платы; затраты на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы; цена за единицу товара (складывается из себестоимости и наценки на товар).

С точки зрения задач поддержки управления развитием МИП разрабатываемый метод позволяет:

1. Проанализировать возможные варианты развития предприятия в каждой фазе развития, а также моменты времени, в которых необходимо проводить структурные изменения, обеспечивающие переход в следующую фазу. При этом учитываются субъективные факторы выбора (предпочтения ЛПР) при поиске решений, которые формализуются в виде весовых коэффициентов при компонентах интегрального критерия эффективности. Максимизация критериев, рассчитанных с учетом предпочтений, дает возможность определить наилучший вариант развития МИП.
2. Осуществить поиск схемы эффективного инвестирования, позволяющей получить приемлемую (с точки зрения лица, принимающего решения) траекторию развития МИП за счет достижения необходимых

параметров развития на определенный момент времени, которое возможно при рассмотрении и сравнительном анализе некоторого набора вариантов развития предприятия.

## **ГЛАВА 3. Комплекс программных средств, обеспечивающих информационную поддержку управления развитием МИП**

Рассматриваемые метод и технология информационной поддержки управления развитием малых инновационных предприятий являются основой для создания соответствующих модулей программно-ориентированного комплекса. В настоящей главе представлена структура программного комплекса, обеспечивающего реализацию разработанного метода информационной поддержки, дана характеристика функций входящих в программный комплекс модулей. Основное внимание уделено разработанным автором модулям – модулю, обеспечивающим поддержку формирования структур когнитивной карты и соответствующей ей системно-динамической модели, а также модулю автоматизированного анализа результатов серий имитационных экспериментов. Описана организация хранения данных и обмена данными между модулями программного комплекса.

### **3.1 Функции и структура программного комплекса**

Создание любой программной системы связано с определением требований, которым она должна удовлетворять.

В соответствии с задачами, которые необходимо решать, разрабатываемый комплекс должен обеспечивать возможность выполнения следующих функций:

- Поддержка формирования и хранения структуры когнитивной карты. Поскольку разработка системно-динамической модели не возможна без предварительного создания концептуальной модели (в работе она реализуется в виде когнитивной карты), программный комплекс должен обеспечивать реализацию и хранение данных моделей. При когнитивном моделировании экспертом вводятся концепты исследуемой предметной области (элементы структуры малых инновационных предприятий), а также определяются связи между ними.
- Синтез структуры системно-динамической модели МИП на основе когнитивной карты. Переход от когнитивной карты к системно-динамической

модели в общем случае является довольно трудоемким процессом. В ходе диссертационного исследования разработан комплекс формальных правил отображения компонентов когнитивной карты на компоненты системно-динамической модели. Эти правила, представленные далее, позволили создать алгоритмы, в значительной мере автоматизирующие процедуры синтеза структуры СД модели, соответствующей структуре созданной экспертом когнитивной карты МИП.

- Настройка на предметную область (конкретное малое инновационное предприятие) и задание начальных условий сеанса моделирования определенного сценария развития МИП. Для перехода к имитационному моделированию необходимо доопределить синтезированную структуру системно-динамической модели путем ввода уравнений, количественно описывающих представленные в модели взаимосвязи между компонентами, а также задать числовые значения параметров модели.

- Имитационное моделирование сценариев развития предприятия. Варьирование начальных значений входных параметров сформированной системно-динамической модели позволяет имитировать различные варианты развития МИП. Подлежащий исследованию вариант определяется пользователем, в качестве которого может выступать как эксперт-консультант, так и лицо, принимающее решения (менеджер, руководитель компаний). Время реализации имитационного эксперимента по рассмотрению одного сценария развития МИП относительно не велико (с учетом модификации входных параметров - порядка 15-30 секунд). Следовательно, пользователь имеет возможность путем многократной имитации получить характеристики множества сценариев для их последующего сравнительного анализа и выбора наиболее предпочтительного. В связи с этим система должна обеспечить хранение результатов проведенных имитационных экспериментов для их последующей обработки.

- Выбор из множества вариантов развития МИП, полученного в результате имитационного моделирования, варианта, наилучшим образом

удовлетворяющего заданному пользователем критерию эффективности. Анализ данных, хранимых в базе, позволяет вычислить значения различных критериев для каждого промоделированного варианта развития. Расчет ведется с учетом предпочтений пользователя (эксперта или ЛПР). Наилучший вариант определяется путем обработки полученных значений критериев с применением метода многокритериальной оптимизации.

- Следующим этапом разработанного метода информационной поддержки является так называемое «обратное» планирование, цель которого заключается в нахождении условий развития, обеспечение которых позволит достичь заданного пользователем целевого состояния МИП. Целевое состояние характеризует предпочтения пользователя по капитализации предприятия на установленный момент времени.

- Анализ вариантов управления инвестициями с целью поиска решения задачи обратного планирования. Имитационное моделирование при варьировании схем инвестирования (распределение объемов инвестиций во времени) позволяет получить новые значения промежуточных целевых состояний развития МИП, а так же модифицированные параметры и характеристики начальных состояний фаз. Эти состояния будут представлять собой набор значений промежуточных состояний системы, через которые проходят траектории развития, приводящие к заданному целевому состоянию. Комплекс полученных траекторий рассматривается как граф, на котором с применением принципа оптимальности Беллмана определяется наилучший вариант развития предприятия, при котором достигается целевое состояние.

В соответствии с задачами, которые необходимо решать, разрабатываемый программный комплекс ориентирован на информационную поддержку деятельности двух категорий пользователей:

- Первая категория – это «эксперты-консультанты», задача которых состоит в формировании компьютерной модели МИП, обеспечивающей имитационное моделирование вариантов развития МИП.

• Вторая категория – лица принимающие решения (ЛПР), которые используют сформированную экспертами модель для анализа возможных вариантов развития МИП, выбора предпочтительного для них варианта и определение параметров его реализации.

На рисунке 8 представлена диаграмма вариантов использования (прецедентов) разрабатываемого программного комплекса для поддержки принятия решений по управлению развитием МИП.

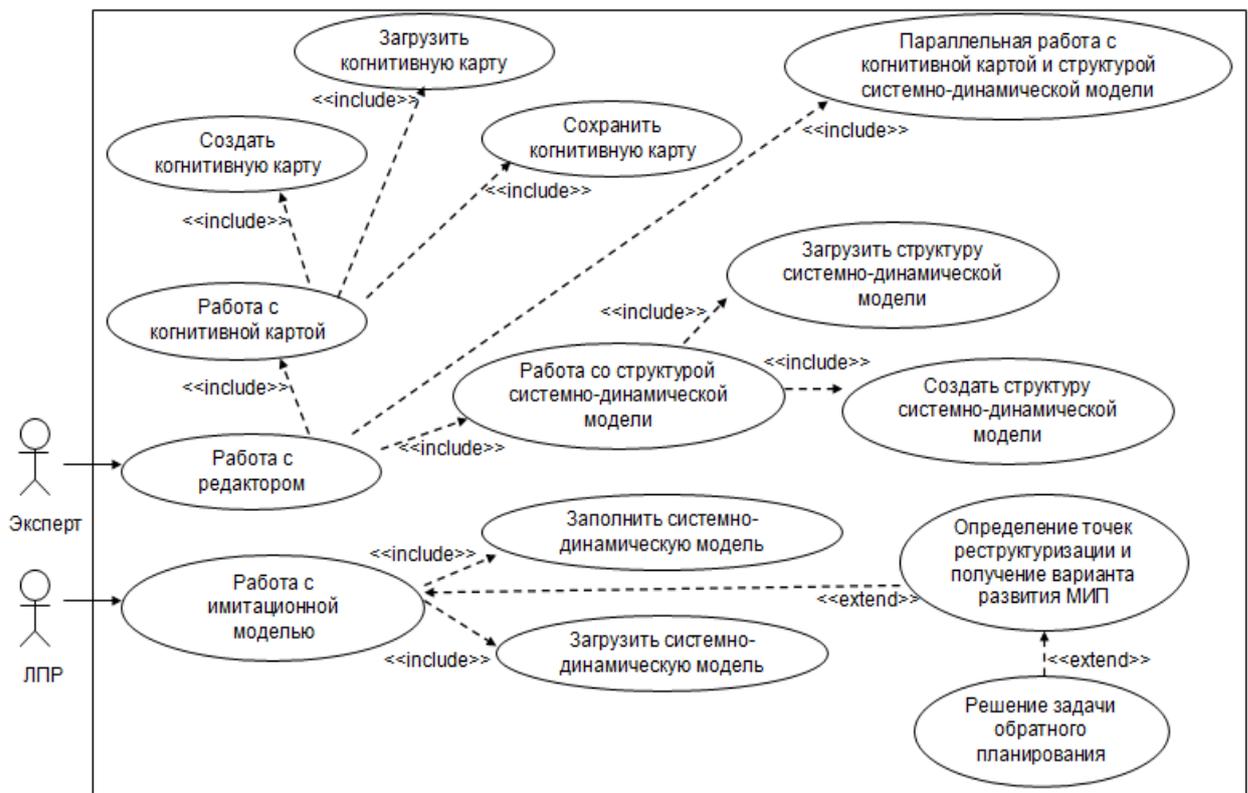


Рисунок 8 - Диаграмма сценариев использования программного комплекса

Данная диаграмма [105] состоит из акторов, вариантов использования и отношений между ними. При этом актором называется любой объект, субъект или система, взаимодействующая с моделируемой системой извне. Это может быть человек, техническое устройство или другая система, которая может служить источником воздействия на разрабатываемую систему. В свою очередь вариант использования определяет некоторый набор действий, совершаемых программным комплексом.

Задачи, которые требуется решать в рамках использования разработанного метода информационной поддержки управления развитием малых

инновационных предприятий, определяют функциональный состав рассматриваемого программного обеспечения.

Для реализации описанных функций в состав комплекса были включены следующие компоненты:

1. Для создания и исследования системно-динамической (СД) модели использован инструмент имитационного моделирования российской разработки AnyLogic 5.4 [78]. Выбор данного инструмента во многом обусловлен тем, что наряду с собственно реализацией системно-динамического и других видов имитационного моделирования, данная среда позволяет пользователю расширять созданные модели с помощью языка Java, а также предоставляет встроенную поддержку различных типов баз данных.

Данная среда предоставляет возможность создавать агентные [117,119,126,84,80], системно-динамические [87,123,132,124], дискретно-событийные [104,93], а также многоподходные модели [81,85,137]. К преимуществам AnyLogic можно отнести:

а. Наглядность и интерактивность разрабатываемой модели, разнообразие графических инструментов.

б. Возможность размещения модели с разграничением прав доступа в сети (в виде апплета) без установки на вебсервер специального программного обеспечения.

с. Широкий набор средств описания структуры поведения моделируемой системы (объекты, интерфейсы, диаграммы состояний, таймеры и другие).

д. AnyLogic является системой с открытой архитектурой. Использование данного продукта предоставляет возможность организовать взаимодействие с любым офисным и корпоративным программным обеспечением, а также импортировать данные в различные электронные таблицы, базы данных и системы планирования.

е. Можно строить не только стохастические, но и детерминированные модели. Имеются средства сбора и анализа статистики, а также результатов моделирования.

f. Наличие встроенного средства оптимизации для поиска значений дискретных и непрерывных параметров модели, соответствующие максимуму или минимуму целевой функции, в условиях неопределенности и при наличии ограничений.

При работе с данным компонентом пользователю предоставляется возможность создать (задать числовые значения), либо загрузить готовую (если таковая имеется) СД модель.

2. Модуль математического анализа результатов имитационных экспериментов и формирования рекомендаций по принятию решений реализован средствами C++ Builder [73]. Работа с данным модулем подразумевает определение точек реструктуризации и получение варианта развития МИП на первом этапе планирования. Решение задачи обратного планирования (поиск эффективного инвестирования с точки зрения пользователя) также реализуется этим модулем.

3. Модуль управления программным комплексом, который организует взаимодействие пользователя с другими модулями и реализует функции разграничения прав доступа пользователей. Модуль реализован средствами C++ Builder.

4. Формирование и исследование имитационной модели малого инновационного предприятия осуществляется с использованием разработанного человеко-машинного интерфейса (графического редактора). Пользователю (эксперту) предоставляется возможность работать, как с когнитивной картой [107,100] и структурой системно-динамической модели совместно, так и отдельно. При наличии готовых решений, в редакторе предусмотрена загрузка карты и/или структуры СД модели. Создание концептуальной карты подразумевает задание показателей предметной области, а также указание связей между ними. Структура системно-динамической модели формируется согласно разработанным в ходе диссертационного исследования правилам отображения, представленным в разделе 3.2.

5. Для хранения данных, полученных на разных этапах реализуемой технологии, используется СУБД Microsoft Access. Обмена данными между модулями разработанной системы также осуществляется «через» базу данных. Организация связей базы данных с имитационной моделью, а также модулями, реализованными в C++ Builder, производится стандартными драйверами ODBC и компонентами (TDataSource, TDataSet, TQuery и другие).

Архитектура разработанного программного комплекса представлена на рисунке 9.

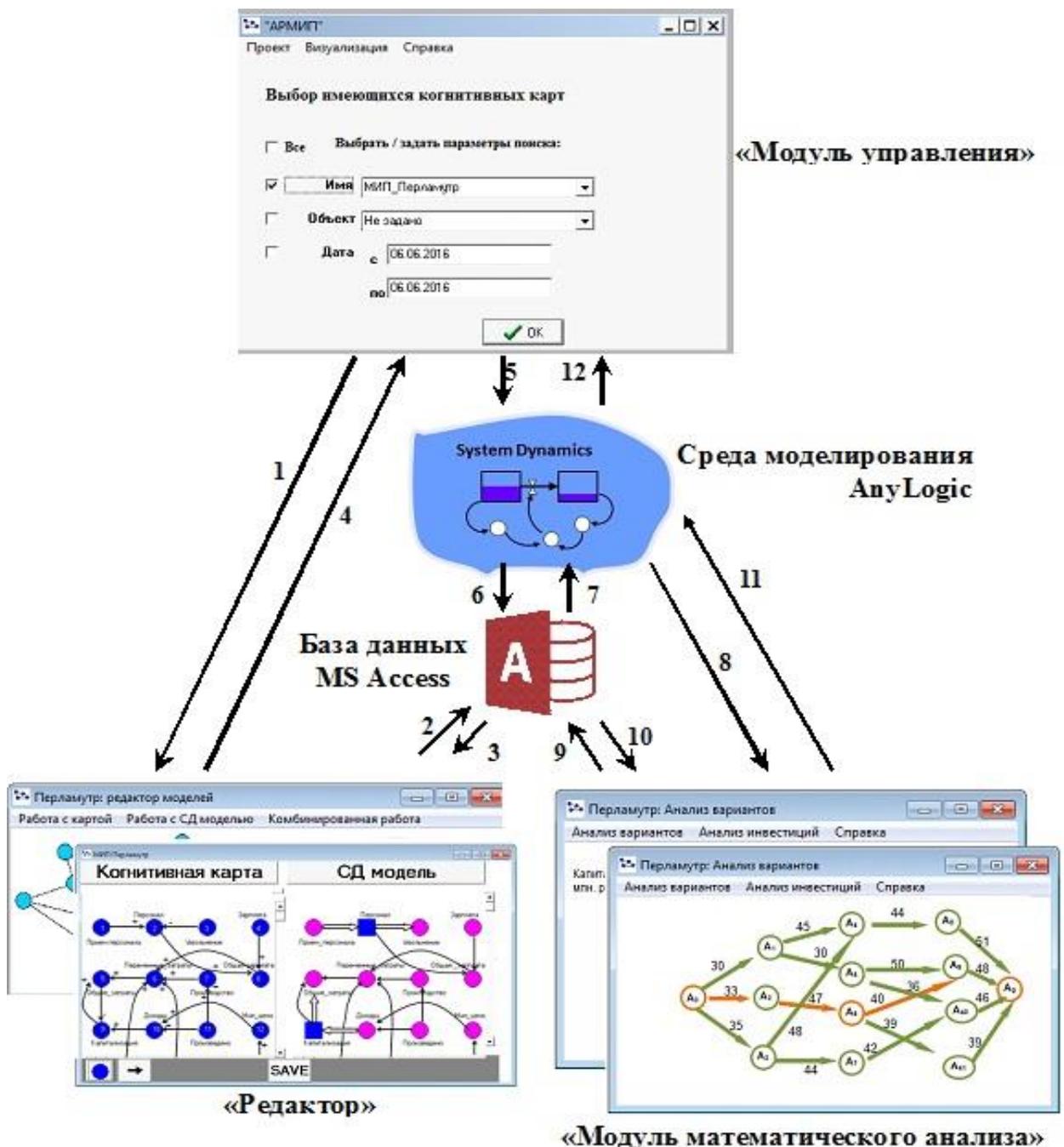


Рисунок 9 - Модульная архитектура программного комплекса

Порядок работы с программным комплексом определяется последовательностью взаимодействия входящих в его состав компонентов. На рисунке 9 пронумерованными стрелками изображена последовательность обмена данными между модулями системы при полном цикле реализации разработанной технологии, начиная от вызова редактора структуры моделей, до получения формирования конечного результата, представляющего собой набор количественных характеристик предпочтительного сценария развития МИП.

Архитектура программного комплекса обеспечивает возможность реализации полного цикла решения задачи поддержки принятия решений по управлению развитием МИП от интерактивного создания концептуальной и имитационной моделей предприятия, до получения с использованием имитационного моделирования количественных характеристик эффективных схем инвестирования. Вместе с этим возможно использование созданных ранее моделей – как когнитивных карт МИП, так системно-динамических моделей, которые были сохранены в базе данных комплекса. В любом случае работа с программным комплексом начинается с вызова "Модуля управления".

При полном цикле функционирования разработанного ПО необходимо создать когнитивную карту, которая будет являться основой для будущей системно-динамической модели, поэтому из "Модуля управления" производится вызов "Редактора" (стрелка 1 на рисунке 9). Для последующей работы сформированные когнитивная карта и структура соответствующей ей СД модели сохраняются в базе данных программного комплекса (стрелка 2 на рисунке 9).

В случае использования моделей, хранимых в базе данных, средствами «Модуля управления» осуществляется их выбор и последующий вызов процедур загрузки в модули для дальнейшей работы с этими моделями. Пользователю предоставляется возможность просмотра списка ранее созданных и хранимых в БД когнитивных карт. Процедуры выбора хранимой когнитивной карты и ее загрузки в «Редактор» производятся стандартными компонентами работы с базами данных в C++ Builder, такими как:

- TADOCConnection - используется для подключения к БД.

- TDataSource - этот компонент связывается с набором данных.
- TADOQuery - предназначен для получения нужных результатов из БД в соответствии с SQL запросом.
- TDataSet - содержит информацию о текущем состоянии набора данных.

После выбора когнитивной карты есть возможность загрузить также в редактор и структуру системно-динамической модели для рассматриваемой предметной области, если таковая имеется. Для каждой когнитивной карты, хранящейся в БД, может существовать несколько структур системно-динамической модели, либо не иметься ни одной. В первом случае диалоговыми средствами "Модуля управления" определяются параметры запроса для поиска данных о СД моделях, которые связаны с выбранной когнитивной картой. В случае, когда требуется корректировка разработанных ранее моделей, они загружаются в «Редактор», исправляются и сохраняются.

По завершению сеанса работы с "Редактором" при создании новых или модификации хранимых моделей происходит возврат в "Модуль управления" для дальнейшей работы (стрелка 4 на рисунке 9).

При переходе в среду моделирования (стрелка 5 на рисунке 9) производится загрузка из БД структуры необходимой пользователю системно-динамической модели для ее дальнейшей параметризации или модификации. Также пользователю предоставляется возможность загрузить уже параметризованную СД модель, указатель на которую также хранится в БД программного комплекса (стрелка 7 на рисунке 9).

При внесении данных в непараметризованную структуру СД модели, а также при допараметризации или модификации загруженной структуры, производится запись всех изменений в базу данных (стрелка 6 на рисунке 9) и соответствующий файл среды моделирования, который формируется автоматически.

Для получения параметров модели, обеспечивающих эффективное с точки зрения лица, принимающего решения, планирование ("прямое" и "обратное"), осуществляется вызов "Модуля математического анализа" (стрелка 8 на рисунке 9) из среды моделирования AnyLogic с использованием стандартных

инструментов этой среды, описанных ниже в разделе 3.4. В ходе обработки данных "Модулем математического анализа" часть из них сохраняется в БД только на период текущего сеанса моделирования, а часть заносится в базу на постоянное хранение. Запись в БД осуществляется посредством соответствующих SQL запросов (стрелка 9 на рисунке 10). Загрузка сохраненных расчетных данных в "Модуль математического анализа" представлена стрелкой 10 на рисунке 10. При работе с данным модулем пользователю предоставляется возможность провести либо один этап планирования развития предприятия ("прямое" или "обратное"), либо оба этапа последовательно, начиная с получения варианта развития в "прямом" направлении. Реализация второго этапа возможна лишь при наличии данных о параметрах, являющихся результатами прохождения первого этапа.

Возврат в среду моделирования может производиться как по окончании первого, так и второго этапа. Отличие состоит в том, что в первом случае, осуществляется загрузка входных параметров модели и данных о структурных изменениях каждой фазы развития с указанием временных точек проведения реорганизации предприятия. Во втором случае, производится загрузка параметров схемы эффективного инвестирования в среду моделирования (стрелка 11 на рисунке 10).

Если пользователя устраивают полученные данные, происходит возврат в "Модуль управления" и завершение текущего сеанса работы с комплексом (стрелка 12 на рисунке 10). При неудовлетворительных результатах имеется возможность повторного вызова "Модуля математического анализа" для корректировки предпочтений лица, принимающего решения, по основным параметрам модели.

### **3.2 Модель формального отображения когнитивной карты на структуру СД модели**

Для реализации процедур прямого и обратного планирования необходимо иметь имитационную модель МИП. Используемая для имитационных экспериментов в среде AnyLogic, системно-динамическая модель сохраняется в

системе в виде файла формата (\*.alp). Созданию имитационной модели предшествует построение концептуальной модели МИП [25]. В рамках настоящей работы концептуальная модель формируется в виде когнитивной карты [30] (ориентированного графа) функционирования малого инновационного предприятия. Для формирования структур концептуальной и системно-динамической моделей из модуля управления осуществляется вызов редактора моделей (1 на рисунке 9).

В настоящее время для поддержки принятия решений в социально-экономических системах применяются различные виды когнитивных карт [3], которые дают возможность объяснить протекающие процессы, происходящие в этих системах, а также прогнозировать их развитие и разрабатывать лучшие стратегии дальнейшего развития [24].

Анализ результатов исследований [91,109] дает возможность использовать эти модели при разработке программного обеспечения поддержки управленческих решений. Такие программные решения для анализа когнитивных карт уже реализованы: Космос, Канва, PolyAnalyst, Fuzzy Thought Amplifier, Cope, NIPPER, Gismo и другие [40,62].

Когнитивная карта отражает основные законы и закономерности развития рассматриваемой ситуации, объекта или явления в виде графа [59]. Множество вершин графа представляют собой факторы ситуации или элементы изучаемой предметной области. Дуги между вершинами соответствуют причинно-следственной связи, где исходящая вершина, из которой выходит дуга, является причиной, а входящая - следствием. При построении данной концептуальной модели [57,118] эксперт выделяет множество факторов ситуации и причинно-следственные отношения между ними, а затем проводит параметризацию когнитивной карты [39,1]. Параметризация подразумевает под собой определение типа влияния вершин друг на друга:

- Если увеличение силы одного фактора приводит к увеличению другого, то влияние факторов считается положительным.

• Если же увеличение силы одного фактора приводит к уменьшению другого, то влияние факторов является отрицательным.

В настоящей работе когнитивная карта формально задается в виде кортежа  $KognM = \langle G, F \rangle$ , в котором [69]:

$$1) G = \langle V, E \rangle, V = \{v_i \mid v_i \in V, i = 1, 2, \dots, M\}, E = \{e_i \mid e_i \in E, i = 1, 2, \dots, P\}, \quad (7)$$

где  $G$  – ориентированный граф,  $V$  – множество вершин графа («концептов»),  $E$  – множество дуг,  $M$  – количество вершин,  $P$  – количество дуг.

Вершины  $V_i \in V, i = 1, 2, \dots, M$  представляют элементы изучаемой системы.

Дуги  $e_{ij} \in E, (i, j = 1, 2, \dots, P)$  отражают взаимосвязь между вершинами  $V_i$  и  $V_j$ .

$$2) F = F(V, E) = F(v_i, v_j, e_{ij}),$$

где  $F$  – функционал преобразования дуг, ставящий в соответствие каждой дуге знак ("+", "-"), обозначающий «положительное» или «отрицательное» влияние концепта  $v_i$  на концепт  $v_j$ .

$$F(V, E) = \begin{cases} +1, & \text{если рост (падение) значения } v_i \\ & \text{влечет за собой рост (падение) значения } v_j \\ -1, & \text{если рост (падение) значения } v_i \\ & \text{влечет за собой падение (рост) значения } v_j \end{cases}, \quad i, j = 1, 2, \dots, M; i \neq j \quad (8)$$

Для интерактивного формирования когнитивной карты и ее отображения на структуру системно-динамической модели разработан специализированный человеко-машинный интерфейс (графический редактор), в рамках которого реализуется формальная итерационная схема указанного отображения, основанная на комплексе правил соотнесения элементов когнитивной карты с элементами СД модели («Редактор» на рисунке 9).

В среде AnyLogic элементы СД модели задаются следующим набором множеств:

$$SDM = \{S, Fl, Var, C, R\},$$

где  $S$  – множество накопителей, которые представляют собой значения переменных, накопленные в результате разности между входящими и

исходящими потоками (например, «персонал», изменяемый за счет приема и увольнения работников);

$Fl$  – множество потоков, которые отражают скорость изменения уровней, их наполнение или истощение;

$Var$  – множество переменных;

$C$  – множество констант;

$R$  – множество информационных связей.

При построении исходной когнитивной карты узлы  $v_i^0$  отражают обобщенные понятия реального мира, которым соответствует некоторый определяемый количественно объем определенных ресурсов. На начальном этапе отображения в системно-динамической модели они будут представлять собой предполагаемые накопители:  $V^0 \rightarrow S$ .

Динамика значений накопителей определяется в СД модели входящими в них и исходящими из них потоками. Достаточно очевидным представляется отобразить каждую связь исходной когнитивной карты (ИКК)  $e_{i,j}^0$  на соответствующие потоки  $Fl^+$  и  $Fl^-$ , с каждым из которых связан определенный фактор, который выступает в качестве «регулятора» потока. В когнитивной карте они будут представлены вершинами следующего уровня:  $v_i^{1+}, v_i^{1-}$ .

Дальнейший анализ предметной области дает представление о новых факторах, которые могут выступать в качестве «регуляторов» потоков. В когнитивной карте они будут представлены вершинами следующего уровня:  $v_i^1$ . Однако количественные характеристики самих «регуляторов» потоков, как правило, зависят от определенных факторов, не учтенных в ИКК. Включение этих факторов в когнитивную карту приводит к появлению в ней дополнительных вершин и связей ( $e_{i,j}^0 \rightarrow v_{i,j}^1, e_{i,(i,j)}^1, e_{(i,j),j}^1$ ). Процесс уточнения ИКК и порождения соответствующих элементов СД модели, как правило, носит итерационный характер.

При этом необходимо учитывать, что на будущие потоки могут влиять как новые переменные, так и существующие потоки, а также рассмотренные ранее накопители:

1. Если имеющийся поток относится к нескольким накопителям, то преобразование примет вид:  $e_{i,j}^0 \rightarrow V_{i,j}^1, e_{i,(i,j)}^1, e_{(i,j),j}^1$  (рисунок 10). При этом

$$\text{If } F(e_{i,(i,j)}^1, V_{i,j}^1) = -1 \text{ then } (e_{i,(i,j)}^1, V_{i,j}^1) \rightarrow Fl_i^-; \text{ If } F(V_{i,j}^1, e_{(i,j),j}^1) = +1 \text{ then } (V_{i,j}^1, e_{(i,j),j}^1) \rightarrow Fl_i^+$$

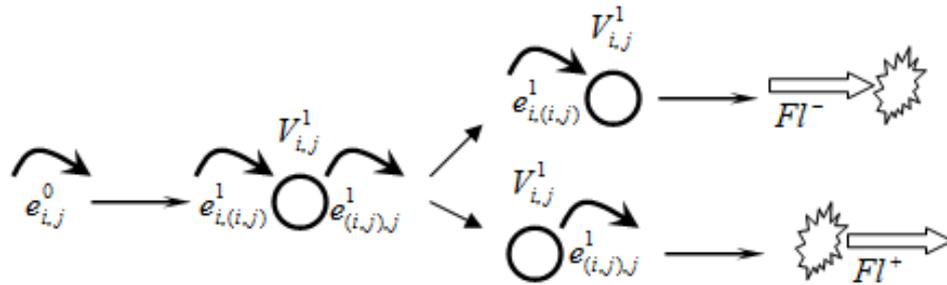


Рисунок 10 - Схема преобразования связи и отображения ее на соответствующие потоки

2. Если на поток влияют другие потоки через информационные связи:  $e_{i,j}^1 \rightarrow R_{i,j}^1$ .

3. Если на поток влияют факторы, не относящиеся ни к потокам, ни к накопителям, определенным ранее, возможны два случая:

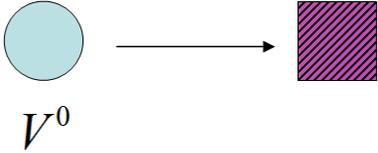
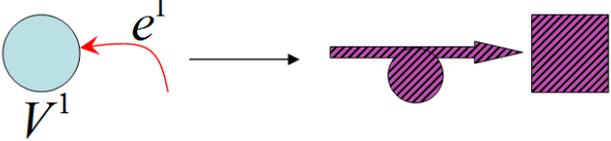
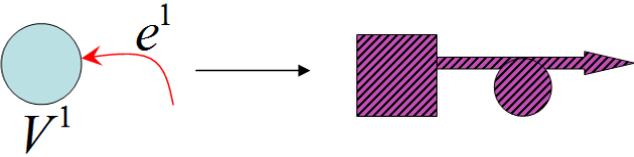
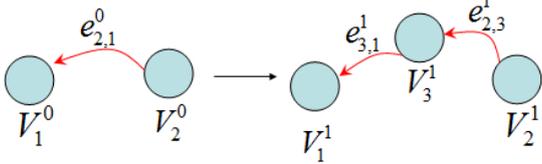
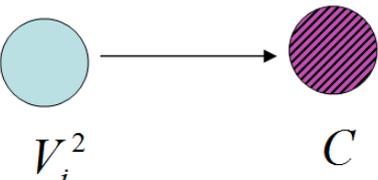
a.  $V_i^2 \rightarrow Var$ , если рассматриваемый фактор будет переменным;

b.  $V_i^2 \rightarrow C$ , если значение рассматриваемого фактора постоянно в рамках рассматриваемого сценария.

В ходе дальнейшего анализа может возникнуть ситуация, когда изначально рассматриваемая вершина ИКК, отнесенная к накопителям, не имеет входных и выходных потоков в СД модели. В таком случае, эта вершина преобразуется в переменную:  $V_i^0 \rightarrow Var$ . Оставшиеся в когнитивной карте дуги преобразуются в информационные связи:  $e_{i,j}^k \rightarrow R_{i,j}^{k+1}$ .

Соответствие правил отображения их графическому представлению представлено в таблице 4.

Таблица 4 - Соответствие правил отображения их графическому представлению

Правило отображения	Графическое представление
$V^0 \rightarrow S$	
If $F(V_{i,j}^1, e_{(i,j),j}^1) = +1$ then $(V_{i,j}^1, e_{(i,j),j}^1) \rightarrow Fl_i^+$	
If $F(e_{(i,j),j}^1, V_{i,j}^1) = -1$ then $(e_{(i,j),j}^1, V_{i,j}^1) \rightarrow Fl_i^-$	
$e_{i,j}^0 \rightarrow V_{i,j}^1, e_{(i,j),j}^1, e_{(i,j),j}^1$	
$V_i^2 \rightarrow Var$	
$V_i^2 \rightarrow C$	

Синтезированная структура имитационной СД модели отражает основные материальные и информационные связи между элементами изучаемой системы. Накопители СД модели (персонал, капитализация предприятия и другие) отражают понятия реального мира, которым соответствует некоторый определяемый количественно объем ресурсов. Динамика значений накопителей определяется входящими в них и исходящими из них потоками (интенсивность прироста кадров, интенсивность увольнения, общие расходы и другие). Неизменяемые элементы системы представляются константам (коэффициент

выгоды, коэффициент изменения финансирования на НИОКР и другие), а остальные показатели - к переменным (затраты на производство, налоги и другие).

Правила отображения интегрированы в алгоритм работы редактора.

### 3.3 Человеко-машинный интерфейс итерационного формирования согласованных структур когнитивной и системно-динамической моделей

Инструменты формирования моделей и управления вычислительным экспериментом реализованы средствами Borland C++Builder 6.

Структура когнитивной карты создается с помощью специализированного графического редактора, который также реализует процедуры отображения ее элементов на компоненты системно динамической модели.

В процессе формирования когнитивной карты с помощью разработанного редактора строится граф  $G$  (рисунок 11).

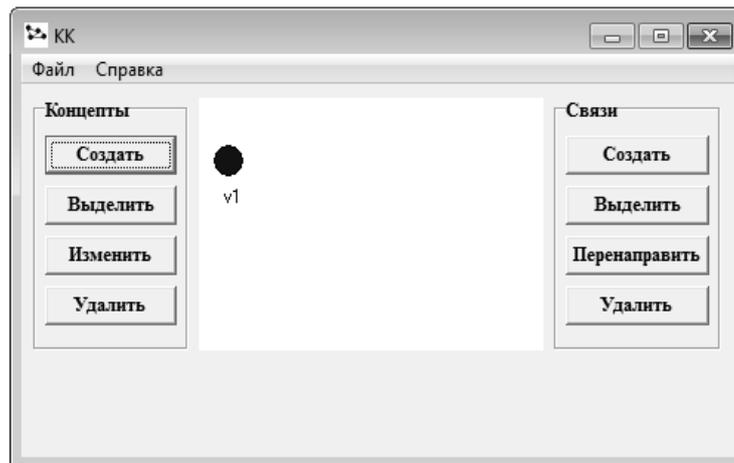


Рисунок 11 - Интерфейс работы редактора при создании когнитивной карты

Для каждой вершины  $v_i$  определяется номер, имя и уровень детализации, значение которого для всех вершин ИКК на начальном этапе равно «0», которое задается автоматически. При разрыве связи уровень детализации увеличивается, и эта информация заносится в базу данных.

Для работы с когнитивной картой редактором реализуются следующие группы основных операций:

- Создать / сохранить / загрузить когнитивную карту.
- Создать / удалить / выделить / редактировать характеристики вершины.

- Создать / удалить / выделить / перенаправить / разорвать связь.

При работе с когнитивной картой, пользователю предоставляется возможность создать исходную когнитивную карту [13], либо проводить преобразование (дополнение) уже существующей ИКК. При выборе первого варианта режима работы всем создаваемым вершинам и дугам автоматически присваивается уровень детализации «0», который характеризует исходную когнитивную карту. Алгоритм создания вершин и дуг, в случае, когда сначала задаются все концепты, а потом добавляются связи, представлен на рисунке 12.

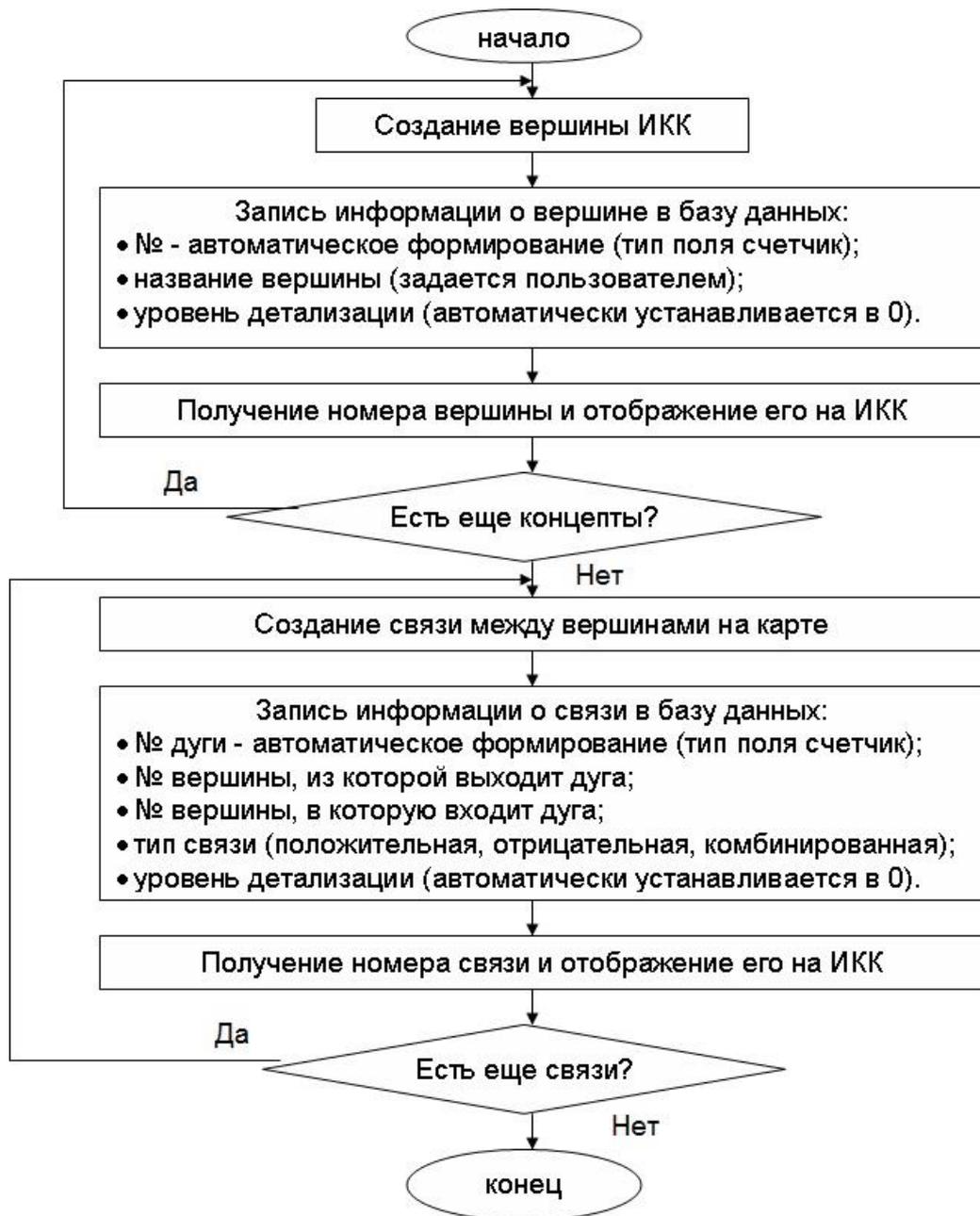


Рисунок 12 - Алгоритм формирования исходной когнитивной карты

При работе с уже готовой исходной когнитивной картой, для ее расширения используется операция разрыва связи между вершинами (рисунок 13). Суть данной процедуры заключается в замене одной связи  $e_{i,j}^k$  между существующими вершинами  $v_i^k$  и  $v_j^k$  комбинацией из трех элементов: «связь-вершина-связь» ( $e_{i,j}^k \rightarrow v_{i,j}^{k+1}, e_{i,(i,j)}^{k+1}, e_{(i,j),j}^{k+1}$ ).



Рисунок 13 - Фрагмент блок-схемы, отражающий алгоритм разрыва связи

С каждым элементом графического изображения когнитивной карты ассоциирован соответствующий фрагмент СД модели, вид которого определяется на основе анализа описанных выше правил отображения.

Операция сохранения модели осуществляет запись в базу данных информации о структуре как когнитивной карты, так и соответствующей СД модели (переход 2 на рисунке 9).

Сохраненное описание структуры СД модели используется для автоматизированного синтеза непараметризованной СД модели в среде AnyLogic за счет задания соответствующих формул зависимостей переменных, потоков, уровней и констант в «Модуле управления».

Интерфейс работы редактора при комбинированной работе с когнитивной картой и структурой системно-динамической модели представлен на рисунке 14.

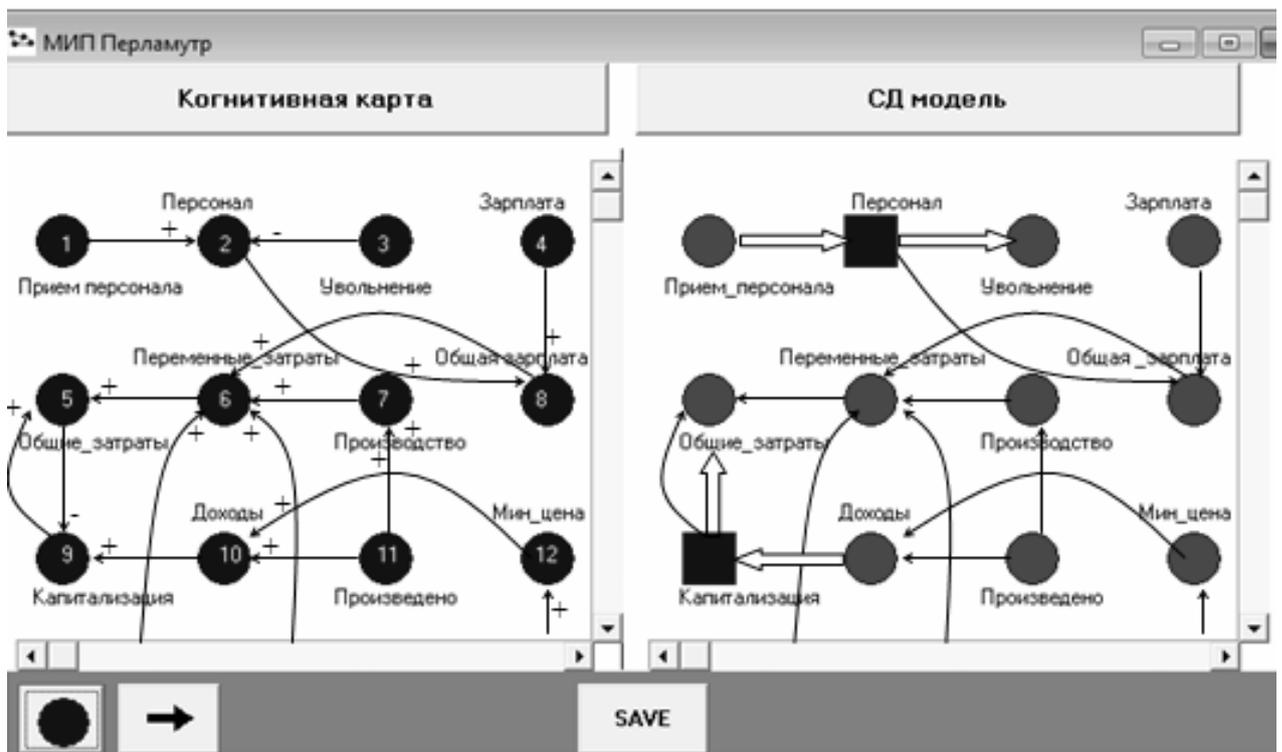


Рисунок 14 - Интерфейс работы редактора при комбинированной работе с когнитивной картой и структурой системно-динамической модели

### 3.4 Модуль имитационного моделирования развития МИП

Модуль имитационного моделирования реализован стандартными средствами среды AnyLogic 5.4 и представляет собой системно-динамическую модель

развития малого инновационного предприятия (рисунок 15). Вызов данного приложения из «Модуля управления» осуществляется стандартно:

```
ShellExecute(0,"open","путь_к_файлу.alp", NULL, NULL, SW_SHOWNORMAL);
```

Анализ экспертных данных и информации из литературных источников [32,14] позволил определить вид зависимостей между элементами разрабатываемой СД модели.

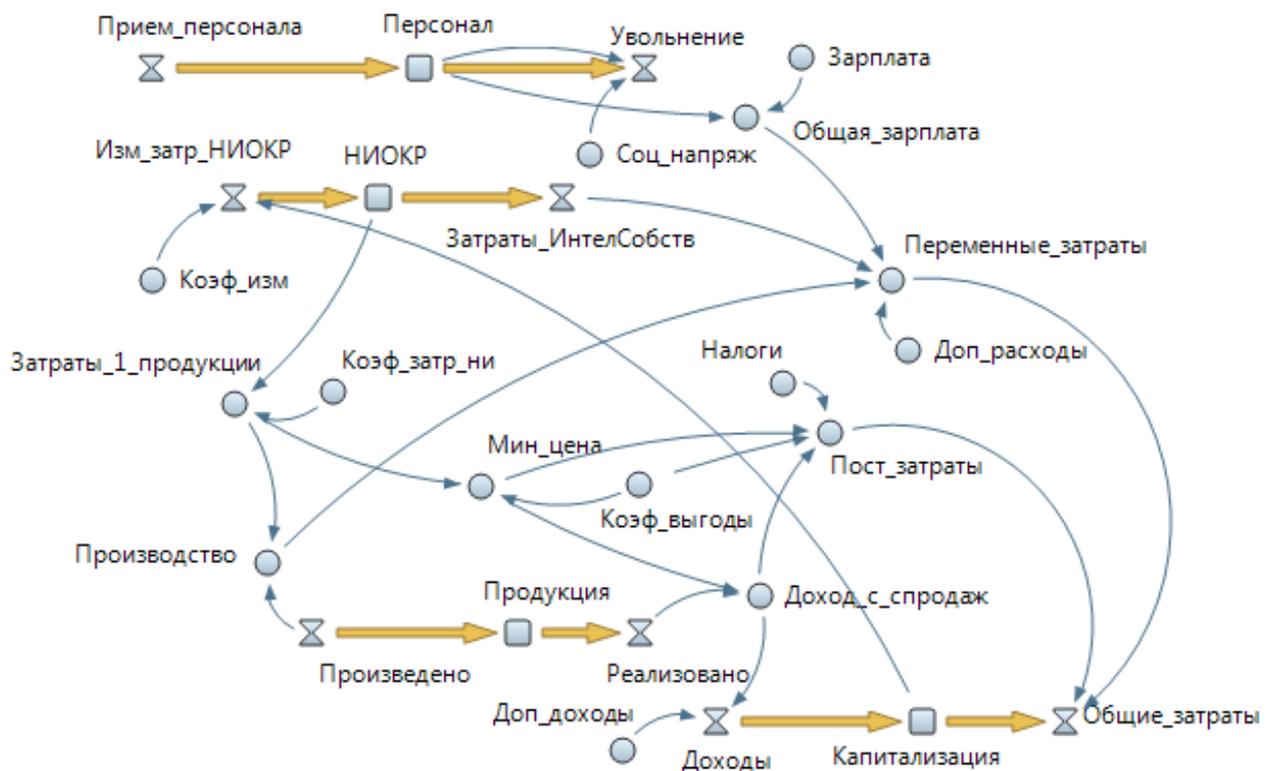


Рисунок 15 - Системно-динамическая модель развития МИП

Некоторые уравнения для элементов рассматриваемой СД модели описываются следующим образом:

- *Персонал* – уровень, который отражает численность персонала в каждый момент времени.

$$d(\text{Персонал})/dt = \text{Прием\_персонала} - \text{Увольнение}, \quad (10)$$

где *Прием\_персонала* - интенсивность прироста кадров;

*Увольнение* - интенсивность увольнения кадров.

- *Капитализация* - уровень, который отражает капитализацию предприятия.

$$d(\text{Капитализация})dt = \text{Доход} - \text{Расход}, \quad (11)$$

где *Доход* - доход предприятия;

*Расход* - общие расходы предприятия.

- *Мин\_цена* - переменная, отражающая значение минимальной цены на товар.

$$\text{Мин\_цена} = \text{Затраты\_1\_продукции} \cdot \text{Коеф\_выгоды}, \quad (12)$$

где *Затраты\_1\_продукции* - затраты на производство единицы продукции;

*Коеф\_выгоды* - коэффициент выгоды.

- *Доход\_с\_продаж* - переменная доход с продаж.

$$\text{Доход\_с\_продаж} = \text{Мин\_цена} \cdot \text{Реализовано}, \quad (13)$$

где *Мин\_цена* - минимальная цена,

*Реализовано* - количество реализованной продукции.

- *Общая\_зарплата* – переменная, отражающая значение затрат на выплату общей заработной платы.

$$\text{Общая\_зарплата} = \text{Персонал} \cdot \text{Зарплата}, \quad (14)$$

где *Зарплата* - средняя заработная плата по предприятию;

*Персонал* - общая численность персонала.

Для запуска данного модуля необходимо ввести входные параметры, характеризующие деятельность конкретного малого инновационного предприятия (рисунок 16).

The screenshot shows a window titled "Параметры модели" (Parameters of the model). It contains the following fields and values:

- Средняя заработная плата (тыс. руб.): 40
- Количество персонала (чел.): 23
- Стартовый капитал (тыс. руб.): (empty)
- Количество произведенной продукции в месяц: 50
- ед. изм.: ТОННЫ
- Затраты на единицу продукции (тыс. руб.): (empty)
- Затраты на НИОКР в мес. (тыс. руб.): (empty)
- Цена за единицу продукции (тыс. руб.): (empty)

An "OK" button is visible at the bottom right of the dialog.

Рисунок 16 - Параметры настройки на конкретное предприятие

При переходе в следующую фазу развития происходят структурные преобразования, в результате чего вид системно-динамической модели изменится с того момента времени, когда будет произведена реорганизация.

### ***3.5 Модуль математического анализа результатов имитационных экспериментов и формирования рекомендаций по принятию решений***

Модуль математического анализа результатов имитационных экспериментов и формирования рекомендаций по принятию решений позволяет определить точки реструктуризации и получить вариант развития МИП в режиме работы «прямого» планирования, а также найти параметры эффективного инвестирования с точки зрения предпочтений пользователя в режиме работы «обратного» планирования.

Вызов данного модуля из имитационной модели производится автоматически:

```
try
{
Runtime runtime=Runtime.getRuntime();
runtime.exec("Project1.exe");
}
catch (java.io.IOException ex ) {}
```

В соответствии с решаемыми задачами работа данного модуля обеспечивается выполнением двух блоков:

Первый блок – блок расчета значений критериев и сравнительного анализа рассмотренных в ходе имитации вариантов развития МИП (работает на первом этапе планирования). Фрагмент блок-схемы, отражающей работу данного блока, представлен на рисунке 17.

В результате работы этого блока определяется наилучший вариант развития в соответствии с установленным критерием. Для этого из базы данных считываются все значения параметров по каждому сценарию, с их дальнейшим нормированием, которое подразумевает под собой деление всех элементов набора одного из показателей на его максимальное значение.

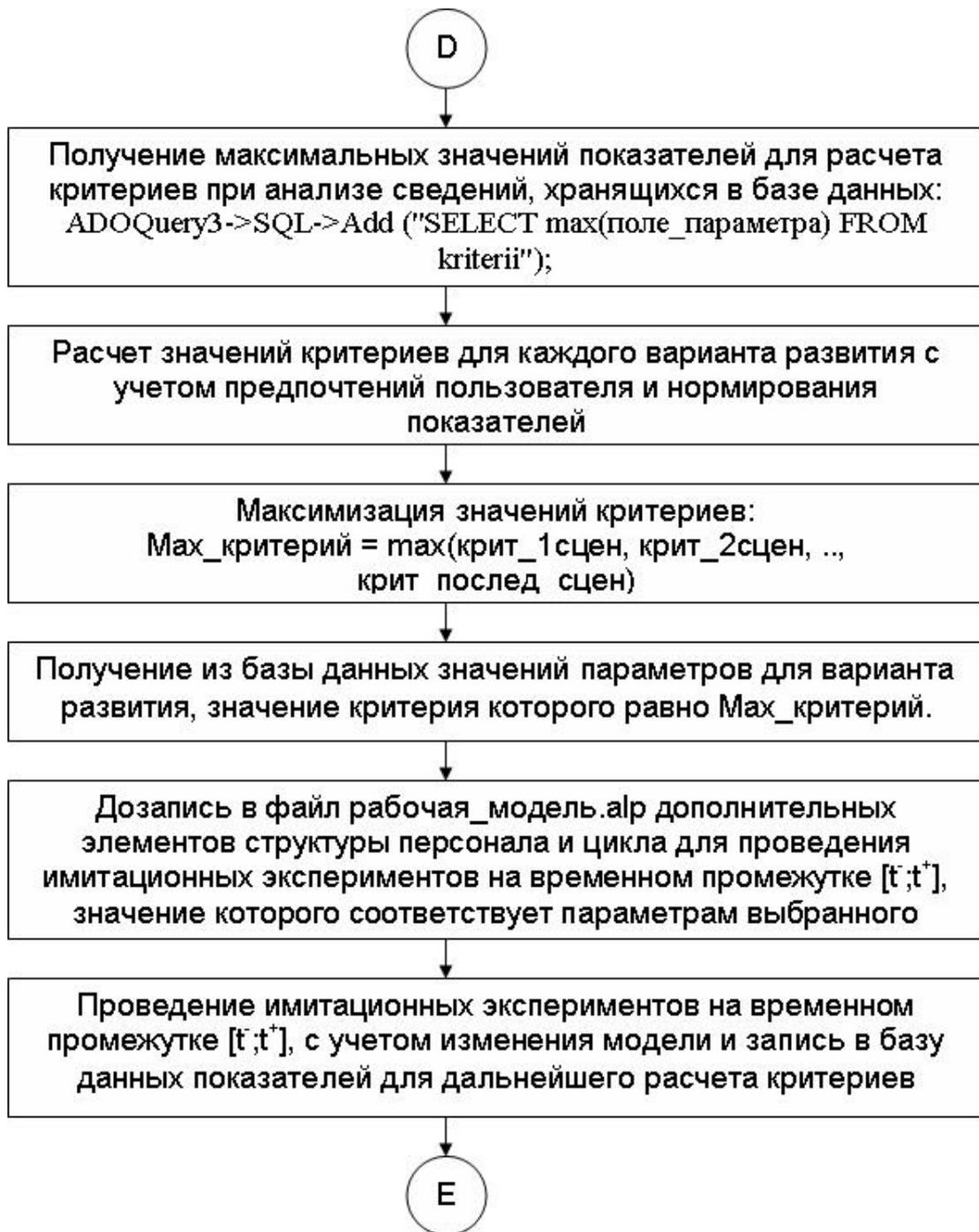


Рисунок 17 - Фрагмент алгоритма работы первого блока модуля математического анализа результатов имитационных экспериментов

Учитывая предпочтения пользователя, которые вводятся при запуске данного блока, производится расчет значений критериев по формуле 4. Максимизация критериев позволяет определить наилучший вариант развития, параметры которого вновь записываются в базу данных для дальнейшей обработки. Поиск максимального элемента осуществляется следующим образом:

ADOQuery3->SQL->Add("SELECT max(поле\_параметра) FROM kriterii");

Также для каждой фазы развития выполняется поиск момента времени проведения структурной реорганизации МИП для выбранного варианта развития. Анализ получаемых сценариев производится по той же схеме (с учетом критериев и предпочтений пользователя). В результате путем объединения выбранных вариантов развития отдельных фаз формируется набор данных, характеризующих предпочтительный сценарий развития МИП на всем временном интервале планирования с указанием точек реорганизации (8 на рисунке 9).

Второй блок реализует расчет и анализ инвестирования, позволяющий определить для каждой фазы развития МИП возможные наборы состояний, прохождение которых обеспечивает достижение задаваемых целевых показателей из имеющегося начального состояния МИП (работает на втором этапе планирования). Фрагмент блок-схемы, отражающий алгоритм инвестирования для получения вариантов, обеспечивающих достижение заданного целевого состояния, представлен на рисунке 18.

Формирование новых вариантов развития начинается с последней фазы. Организуется вложенный цикл, при котором последовательно производится добавление дополнительных средств в развитие предприятия (инвестирование) в различное время. Первый цикл содержит вычислительные эксперименты с фиксированной начальной суммой инвестирования на всем этапе развития рассматриваемой фазы с временным шагом, задаваемым пользователем. При достижении конца цикла сумма инвестирования увеличивается в соответствии с определенным шагом инвестирования, и программа вновь входит цикл с временным циклом. Параметры сценариев, выполнение которых приводит к целевому состоянию, записываются в соответствующую таблицу базы данных. При этом для каждого возможного перехода между состояниями, относящимися к разным фазам развития, рассчитывается весовая функция по формуле (3).

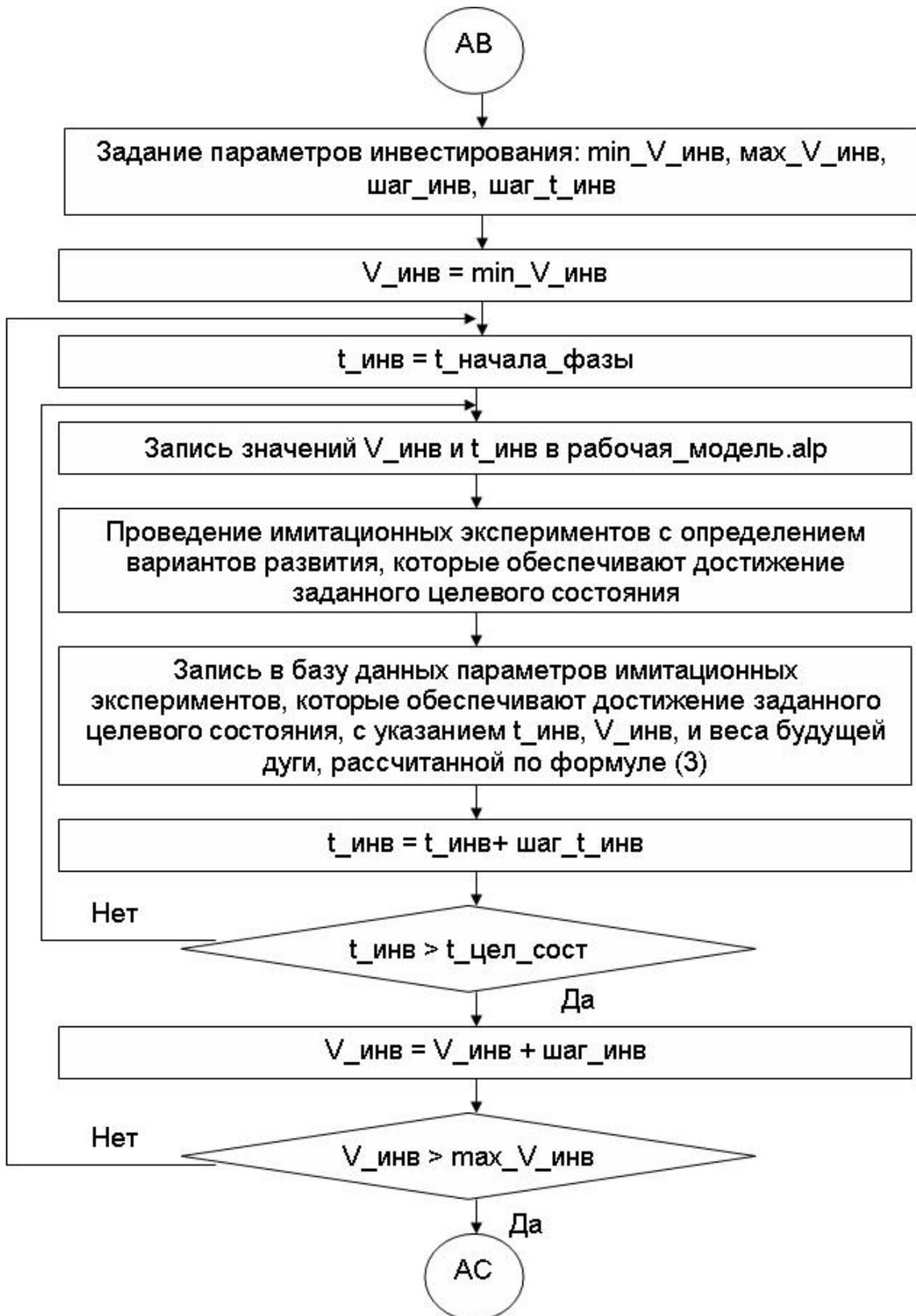


Рисунок 18 - Фрагмент алгоритма инвестирования

На основе полученных данных о состояниях и переходах между ними методом динамического программирования определяется оптимальный вариант развития

предприятия, которому соответствует максимальная сумма весов переходов, образующих траекторию развития.

Итоговый сценарий будет описываться набором данных, включающих: информацию о целевом состоянии и начальных условиях моделирования, о сумме и времени инвестирования в каждой фазе, а также временными точками реорганизации предприятия.

### **3.6 Модуль управления**

Модуль организует взаимодействие пользователя с другими модулями и обеспечивает разграничение прав доступа пользователей к компонентам системы. При этом эксперт-консультант имеет доступ ко всем модулям, а лицо, принимающее решение, только к тем, которые непосредственно связаны с получением вариантов развития предприятия. Информация о группах пользователей и правами доступа хранится в базе данных.

Первая группа пользователей (эксперты) разрабатывают когнитивные карты и системно-динамические модели, а также вносят необходимые правки при изменении условий функционирования МИП. «Модуль управления» реализует следующие группы операций для работы с когнитивными картами и СД моделями:

- Работа с картой: создать/загрузить.
- Работа с СД моделью: генерировать/загрузить.
- Комбинированная работа – вызов редактора системы для синхронного редактирования и когнитивной карты и системно-динамической модели.

При загрузке карты в данном модуле предусмотрена возможность выбрать или задать параметры поиска по всем уже созданным и хранимым в системе картам, при этом необходимо указать следующие параметры:

- название когнитивной карты;
- объект, элементы и связи которого отражает интересующая пользователя когнитивная карта;
- дата создания (имеется возможность выбрать временной промежуток).

Выпадающие списки данных для названия карты и выбора объекта моделирования содержат информацию, загружаемую из базы данных. Загрузка соответствующих полей таблицы при каждом запуске данного диалогового окна производится в соответствии с выполнением следующего программного кода:

```

ComboBox1->Clear();
ComboBox1->Items->Add("Не задано");
ADOQuery1->Close();
ADOQuery1->SQL->Clear();
ADOQuery1->SQL->Add("SELECT название_карты FROM karta" );
ADOQuery1->Open();
while(!ADOQuery1->Eof)
{
  ComboBox1->Items->Add(ADOQuery1->FieldByName
("название_карты")->AsString);
  ADOQuery1->Next();
}
ComboBox1->ItemIndex=0;

```

#### Листинг 1 – Загрузка информации когнитивной карты

Взаимодействие с базой данных организовано стандартной компонентой TADOQuery. Интерфейс окна выбора имеющихся когнитивных карт представлен на рисунке 19.

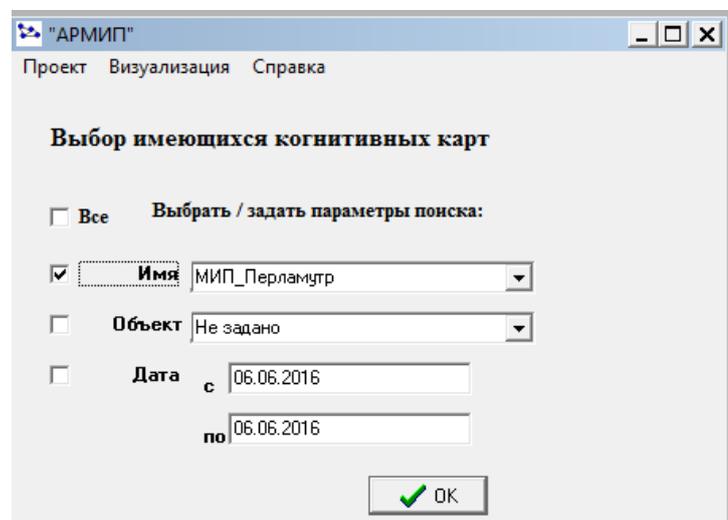


Рисунок 19 - Интерфейс окна загрузки когнитивной карты

Поскольку с имеющейся картой может быть связана уже созданная ранее структура системно-динамической модели, пользователю предоставляется возможность при желании загрузить ее. Реализация данной процедуры представлена на рисунке 20.

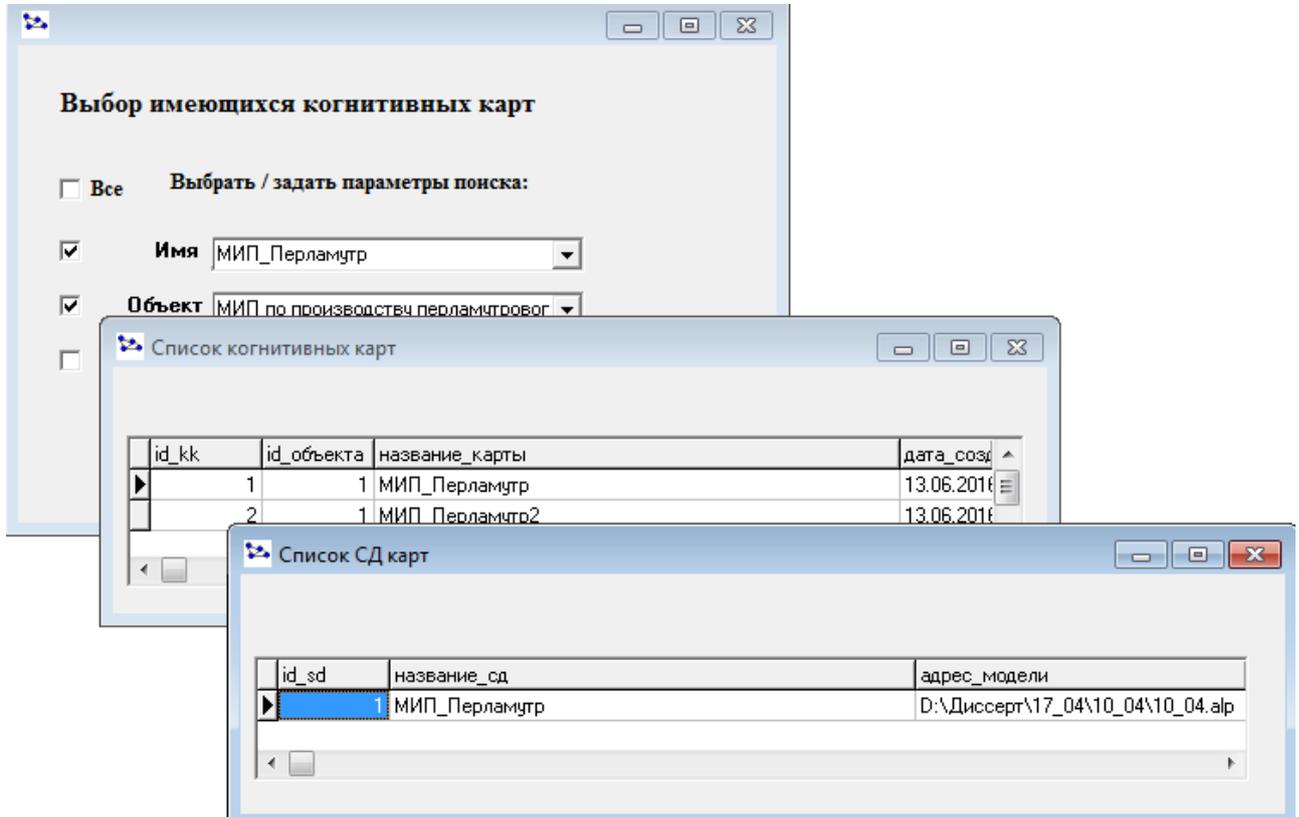


Рисунок 20 - Загрузка когнитивной карты и соответствующей ей структуры системно-динамической модели

Выборка соответствующих строк в таблице структур системно-динамических моделей для выбранной когнитивной карты производится в соответствии со следующим кодом:

```
ADOQuery2->Active=false;
ADOQuery2->SQL->Clear();
ADOQuery2->SQL->Add("SELECT karta.*, sd.* FROM karta INNER JOIN sd
ON karta.id_kk = sd.id_kk WHERE sd.id_kk='n'");
ADOQuery2->Active=true;
```

#### Листинг 2 – Выбор структуры СД модели

Заполнение структуры системно-динамической модели численными значениями производится экспертом-консультантом. Если для когнитивной карты

уже имеется разработанная непараметризованная структура СД модели, то ее можно загрузить, получив из базы данных полный путь к файлу.

### 3.7 Средства хранения и обмена данными

Данные, сформированные в результате работы графического редактора (когнитивная карта МИП и соответствующая СД модель), результаты имитационного моделирования и их анализа, а также данные, порождаемые в процессе работы блока расчета и анализа инвестирования, записываются в реляционную базу данных (2, 6, 9 на рисунке 9).

К долговременно хранимым данным программного комплекса относятся данные когнитивных карт и структуры соответствующих СД моделей. Также предусмотрена возможность хранения экземпляров параметризованных СД моделей.

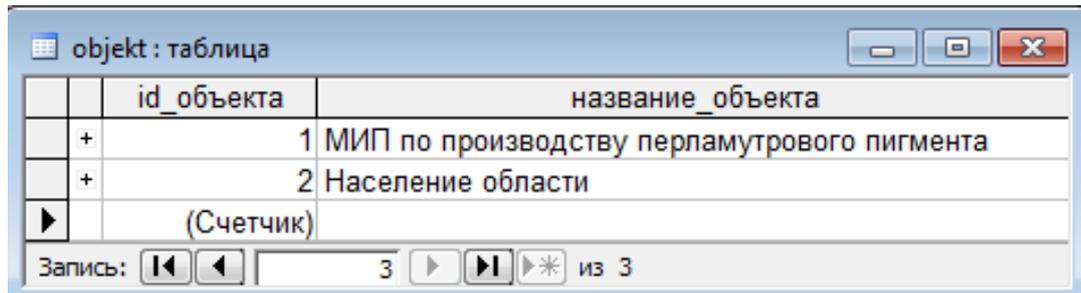
Различные данные, порождаемые в результате имитационных экспериментов и их последующей обработки, имеют разное время жизни. Данные по значениям критериев хранятся до следующего сеанса моделирования, а исходные условия и результаты варианта развития  $A_j$ , при котором  $Kr_j = Kr_{\max} = \max(Kr_i) |_{i=1, \dots, N}$ , - до получения значений критериев следующей фазы развития МИП.

Использование БД для хранения всех данных программного комплекса обеспечивает механизмы обмена данными между его компонентами («Редактор», «Модуль математического анализа результатов», «Имитационная модель»).

В разработанной версии комплекса программных средств для хранения данных использована СУБД Microsoft Access. Таблицы в базе разделены по своей функциональности на следующие группы:

1. Таблицы-справочники, содержащие информацию об объекте моделирования, когнитивных картах и структурах системно-динамических моделей, относящихся к исследуемому объекту. И таблица их соответствия.
2. Таблицы когнитивных карт.
3. Таблицы структур системно-динамических моделей.
4. Таблицы хранения данных вычислительного эксперимента (начальные условия, промежуточные и конечные результаты).

Таблица с информацией об объекте моделирования содержит идентификатор объекта (ключевое поле) и название объекта (текстовое поле) (рисунки 21-23).

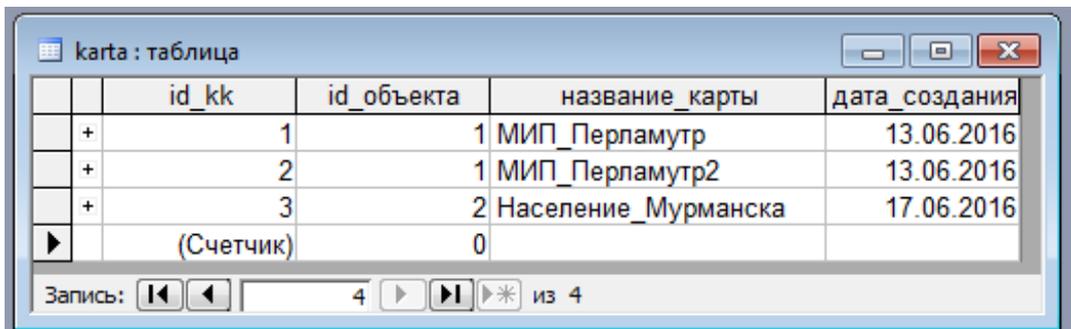


	id_объекта	название_объекта
+	1	МИП по производству перламутрового пигмента
+	2	Население области
▶	(Счетчик)	

Запись: 3 из 3

Рисунок 21 - Таблица с данными об объекте исследования

Таблица-справочник когнитивных карт содержит информацию о названии карты (текстовое поле), даты ее создания (поле дата), идентификаторах карты (ключевое поле) и объекте моделирования (внешний ключ) (рисунок 22).

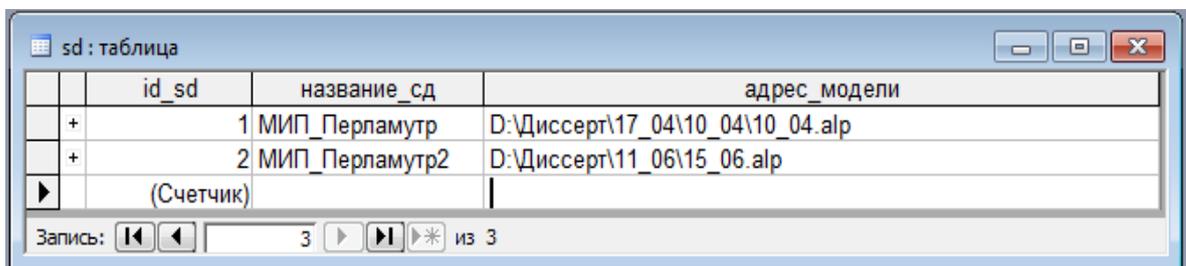


	id_kk	id_объекта	название_карты	дата_создания
+	1	1	МИП_Перламутр	13.06.2016
+	2	1	МИП_Перламутр2	13.06.2016
+	3	2	Население_Мурманска	17.06.2016
▶	(Счетчик)	0		

Запись: 4 из 4

Рисунок 22 - Таблица – справочник когнитивных карт

Таблица-справочник структур системно-динамических моделей содержит следующие поля: название структуры СД модели (текстовое поле), ее идентификатор (ключевое поле), а также расположение (текстовое поле).



	id_sd	название_сд	адрес_модели
+	1	МИП_Перламутр	D:\Диссерт\17_04\10_04\10_04.alp
+	2	МИП_Перламутр2	D:\Диссерт\11_06\15_06.alp
▶	(Счетчик)		

Запись: 3 из 3

Рисунок 23 - Таблица-справочник структур системно-динамических моделей

Перечисленные справочники связаны между собой (рисунок 24). При этом обеспечивается целостность данных, каскадное обновление связанных полей, каскадное удаление связанных записей.

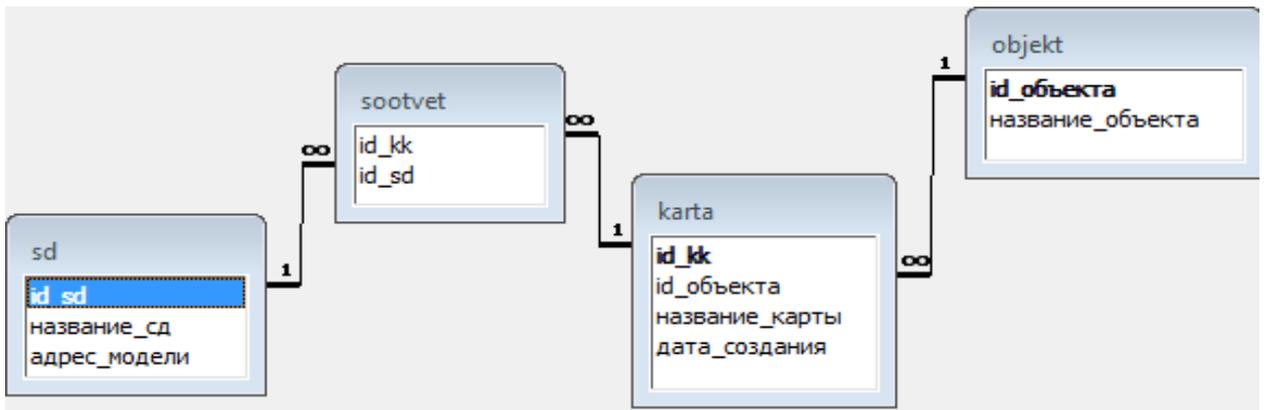


Рисунок 24 - Связи таблиц-справочников о предметной области

Описание когнитивной карты хранится в двух таблицах, одна из которых содержит описание вершин, а вторая – связей (идентификаторы дуг, их направление и тип связи: положительная или отрицательная). Схема данных представлена на рисунке 25.

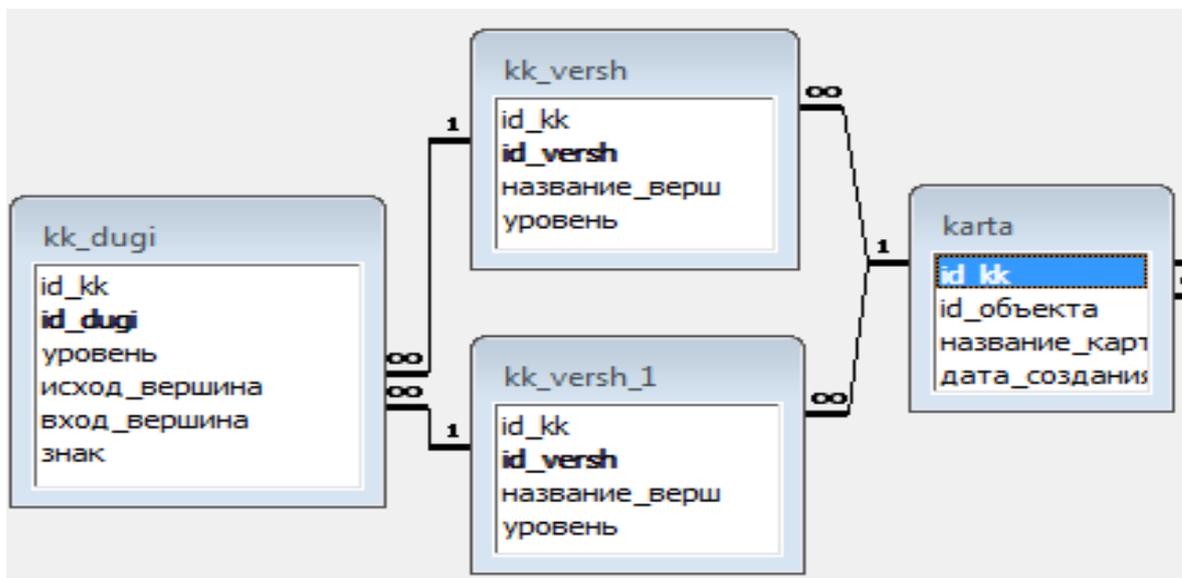


Рисунок 25 - Таблицы формирования когнитивной карты

Таблицы описания структуры системно-динамической модели представлены справочниками по каждому множеству СД модели ("Накопители", "Потоки", "Переменные", "Константы"), а также таблицами взаимодействия перечисленных элементов ("Накопитель-Поток", "Переменная-Поток", "Переменная-Переменная", "Константа-Переменная", "Накопитель-Переменная") (рисунок 26).

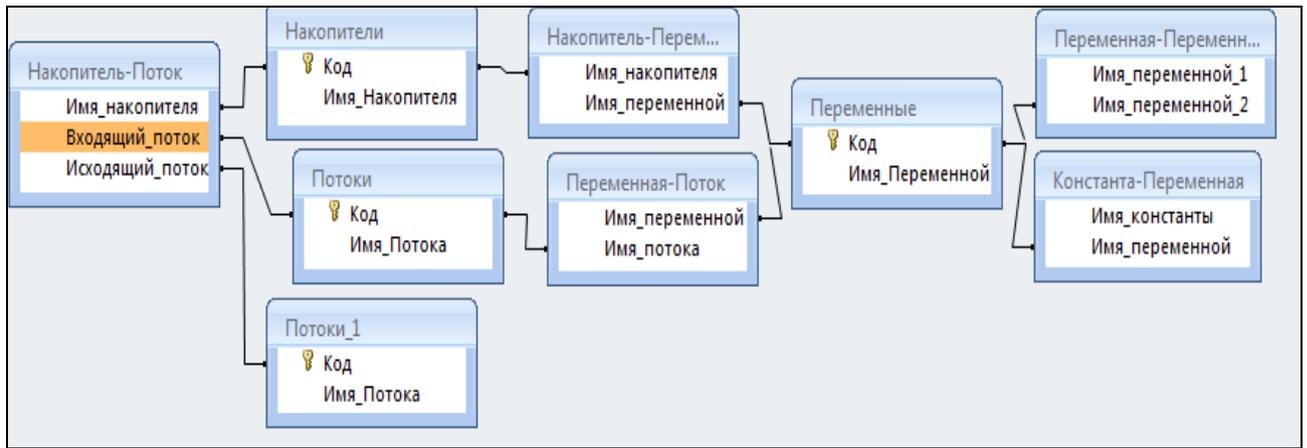


Рисунок 26 - Связи таблиц системно-динамической модели

Связи между таблицами, хранящими когнитивную карту и компоненты системно-динамической модели, в явном виде в базе данных не хранятся. Они формируются процедурно в соответствии с рассмотренными ранее правилами отображения.

Хранение данных для организации поддержки стратегического планирования организовано с помощью следующих таблиц:

1. «Прогоны» - содержит информацию о капитализации предприятия за весь период моделирования для каждого из варианта развития.
2. «ТочкиПринятияРешения» - в данную таблицу заносятся сведения о точках, из которых необходимо будет выбрать точку принятия решения.
3. «Выбрано» - хранит данные о времени принятия решения.

Для связи СД модели с базой данных в среде AnyLogic используется стандартный компонент *baza* [43], реализующий функции соединения с базой данных, чтения и записи данных:

- соединение с базой:

```
baza.connect();
```

- чтение данных из базы:

```
baza.getValue("SELECT поле FROM таблица WHERE условие");
```

- запись данных в базу:

```
baza.modify( "INSERT INTO [поле] VALUES значение;" );
```

### **Выводы по главе 3**

Разработанный метод и реализующая его технология информационной поддержки управления развитием малых инновационных предприятий явились основой для разработки специализированного программного комплекса. В рамках созданного программного комплекса интегрированы авторские программно-алгоритмические разработки, обеспечивающие решение специфических задач реализуемого метода информационной поддержки, и существующие программно-инструментальные средства реализации имитационного моделирования. Это позволило сократить сроки создания программного комплекса, а также использовать, при необходимости, существующие наработки, связанные с имитационным моделированием бизнес-процессов.

Разработанный набор правил формального отображения когнитивных карт на структуру системно-динамических моделей позволил создать специализированный графический редактор, обеспечивающий автоматизацию процедур формирования экспертом структуры системно-динамических моделей на основе заданной структуры когнитивной карты. Структура правил не ограничивает область их применения только формированием моделей малых инновационных предприятий. Поэтому созданный на их основе редактор может использоваться и для формирования моделей других объектов и процессов.

Модуль математического анализа результатов имитационных экспериментов обеспечивает оперативное решение задач прямого и обратного планирования вариантов развития малых инновационных предприятий за счет автоматизированного выбора предпочтительных вариантов из рассмотренного в ходе имитационного моделирования множества сценариев.

В результате созданный программный комплекс обеспечивает полную реализацию разработанного метода информационной поддержки управления развитием малых инновационных предприятий, включая:

- Создание и работу со структурами когнитивной карты и соответствующей системно-динамической модели;

- Параметризацию системно-динамической модели и проведение имитационных экспериментов, воспроизводящих различные сценарии развития МИП ;
- Автоматизированный анализ результатов серий имитационных экспериментов с целью выбора предпочтительных (с учетом мнения ЛПР) вариантов.

Кроме функций проблемно-ориентированной обработки данных созданный программный комплекс также обеспечивает ряд «вспомогательных» функций, к которым относятся:

- авторизация и контроль распределения полномочий пользователей, предполагающий поддержку двух категорий пользователей: эксперт-консультант и лицо, принимающее решение;;
- хранение и обеспечение целевого доступа к данным о структуре сформированных моделей, результатам имитационных экспериментов и их автоматизированного анализа;
- визуализация структур когнитивных карт и системно-динамических моделей, хода имитационных экспериментов и результатов анализа рассмотренных сценариев развития МИП.

## **ГЛАВА 4. Применение разработанного программного обеспечения для поддержки управления развитием конкретного МИП**

В данной главе представлено применение разработанного программного комплекса для поддержки управления развитием предприятия, реализующего инновационную технологию производства перламутрового пигмента. Рассматриваемое программное обеспечение позволило решить задачи определения вариантов структурных преобразований предприятия в процессе создания экспериментального оборудования и последующего перехода к промышленному производству инновационной продукции.

### **4.1 Формирование когнитивной карты МИП**

С точки зрения системного подхода предприятие будет представлять собой систему, состоящую из компонентов (подсистем), каждая из которых реализует определенные функции.

При исследовании малых инновационных предприятий согласно выбранной модели развития предприятия Б.Ливехуда было выделено пять подсистем: персонал, финансы, производство, менеджмент, рынок, которые отражают основные характеристики МИП.

Подсистема «Финансы» представляет собой финансовую составляющую малого инновационного предприятия и характеризуется следующими показателями: доходы, расходы, капитализация.

Подсистема «Производство» описывается параметрами: количество произведенной, реализованной и оставшейся в наличии продукции.

Подсистема «Персонал» включает такие показатели, как количество принятых на работу, уволенных, а также штат предприятия.

Такие показатели, как структура организации, управление персоналом характеризуют подсистему «Менеджмент».

Рыночные отношения, ценовая политика организации описывают подсистему «Рынок».

Каждая подсистема организации взаимодействует с другими подсистемами, причем необходимо учитывать характеристику их влияния (положительное или отрицательное).

Использование когнитивного подхода дает возможность представить малое инновационное предприятие в виде формальной модели. Когнитивная карта будет содержать рассматриваемые элементы (подсистемы) и их взаимодействие, представляя их соответственно вершинами графа и дугами, соединяющими данные вершины (рисунок 27).

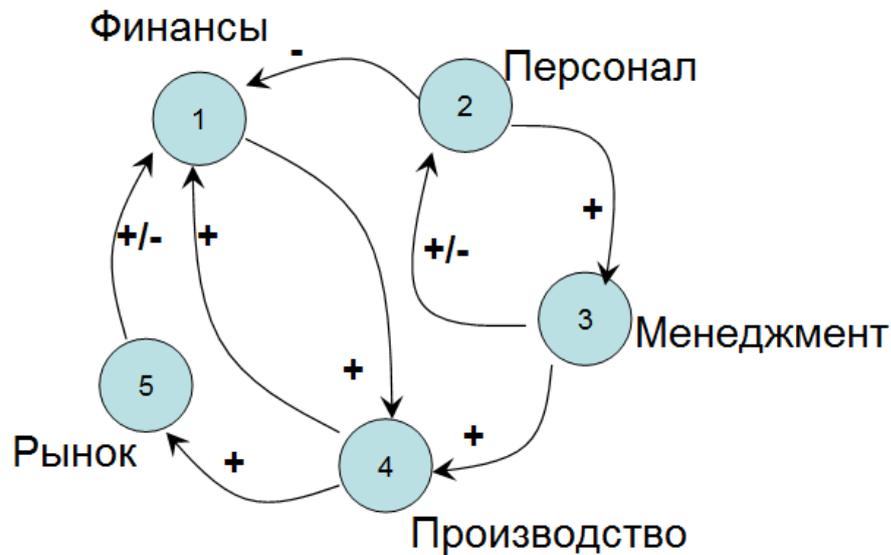


Рисунок 27 – Исходная когнитивная карта МИП по производству перламутрового пигмента

Знак над дугой определяет влияние рассматриваемых элементов друг на друга:

- знак «+» определяет положительный характер влияния. Если увеличение значения одного элемента системы приводит к возрастанию значения другого элемента системы.
- знак «-» определяет отрицательный характер влияния. Если увеличение значения одного элемента системы приводит к уменьшению значения другого элемента системы.

Описание связей исходной когнитивной карты представлено в таблице 5.

Таблица 5 – Основные связи показателей исходной когнитивной карты

Влияние элементов	Комментарии	Знак Связи
1→4	Увеличение финансирования на разработки, проектирование, и производство продукции увеличивает количество произведенного товара.	+
2→1	Расширение штата сотрудников влечет за собой рост расходов.	-
2→3	Увеличение количества работников на предприятии приводит к изменению структуры управления персоналом (введение нового звена управления).	+
3→2	Ошибки в управлении могут привести к сокращению штата, а рациональный менеджмент – к расширению штата.	-/+
3→4	Эффективное управление увеличивает производство продукции.	+
4→1	Увеличение продаж ведет к увеличению доходов предприятия.	+
4→5	Если продукция предприятия востребована на рынке, то увеличение производства ведет к увеличению продаж.	+
5→1	Правильная ценовая политика положительно влияет на доходы предприятия.	+/-

Ввод рассмотренных элементов и связей между ними с использованием разработанного редактора позволил сформировать компьютерное представление когнитивной карты малого инновационного предприятия по производству перламутрового пигмента. При сохранении сформированной с помощью редактора когнитивной карты производится запись данных, характеризующих

когнитивную карту, в соответствующие таблицы базы данных (рисунки 28, 29). Элементам исходной когнитивной карты автоматически присваивается уровень детализации «0». Название вершин по умолчанию соответствует идентификатору вершины (id\_versh).

kk_versh : таблица					
		id_kk	id_versh	название_верш	уровень
	+	1	1	Финансы	0
	+	1	2	Персонал	0
	+	1	3	Менеджмент	0
	+	1	4	Производство	0
	+	1	5	Рынок	0
	▶	0	(Счетчик)		0

Рисунок 28 - Таблица вершин исходной когнитивной карты

kk_dugi : таблица						
	id_kk	id_dugi	уровень	исход_вершина	вход_вершина	знак
	1	1	0	1	4	1
	1	2	0	2	1	2
	1	3	0	2	3	1
	1	4	0	3	2	3
	1	5	0	3	4	1
	1	6	0	4	1	1
	1	7	0	4	5	1
	1	8	0	5	1	3
	▶	0	(Счетчик)	0	0	0

Рисунок 29 - Таблица дуг исходной когнитивной карты

Код программы, описывающий запись данных когнитивной карты в базу системы представлен ниже:

```
ADOQuery1->SQL->Add("INSERT INTO
kk_versh(id_versh,id_kk,name_v,level_v)VALUES (:par2,;par3,;par4)");
ADOQuery1->Parameters->ParamByName("par2")->Value=nomer_kart;
ADOQuery1->Parameters->ParamByName("par3")->Value=Edit1->Text;
ADOQuery1->Parameters->ParamByName("par4")->Value=v_level;
ADOQuery1->ExecSQL();
```

Листинг 3 – Запись данных когнитивной карты

Процедура сохранения сформированной когнитивной карты инициализируется пунктом диалогового меню «Сохранить как исходную когнитивную карту». Далее можно осуществить переход к формированию структуры системно-динамической модели.

#### 4.2 Интерактивный синтез системно-динамической модели МИП

Разрабатываемый программный комплекс предоставляет возможность провести автоматизированный синтез структуры СД модели за счет использования человеко-машинного интерфейса (графического редактора), описанного в разделе 3.3. При этом редактором выводится окно для комбинированной работы с когнитивной картой и системно-динамической моделью.

Синтез производится в соответствии с правилами отображения, согласно которым все узлы графа исходной когнитивной карты отображаются на уровне СД модели. Информация о сгенерированных элементах СД модели заносится в базу данных. Рассмотрим этот процесс на примере генерации элементов системно-динамической модели для подсистемы «Персонал» (рисунок 30).

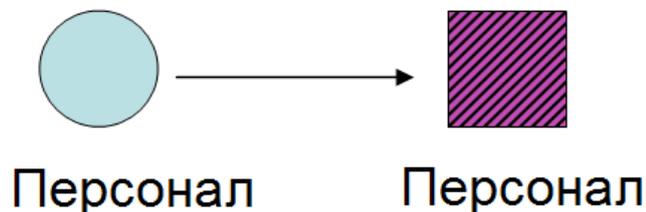


Рисунок 30 - Отображение исходного элемента на уровень

Следующим шагом является преобразование дуг исходной когнитивной карты. Для этого необходимо провести разрыв существующей связи с формированием новой вершины и дуг, связывающих начальные вершины (рисунок 31).

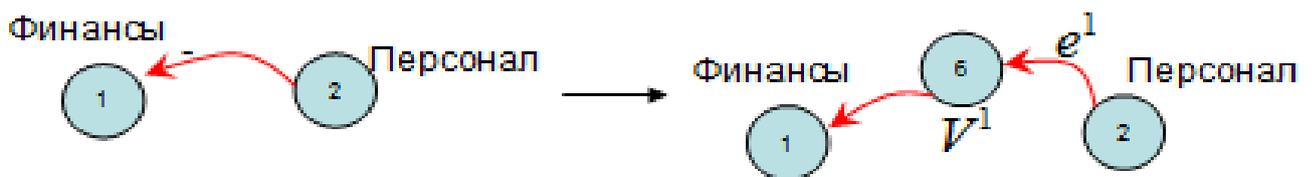


Рисунок 31 - Разрыв связи с образованием новой вершины

Разрыв связи подразумевает под собой удаление соответствующей дуги, которая задается указанием исходящей и входящей вершин:

```
ADOQuery1->SQL->Add("DELETE FROM kk_dugi WHERE out_versh=:par1
AND in_versh=:par2");
```

```
ADOQuery1->Parameters->ParamByName("par1")->Value=versh1;
```

```
ADOQuery1->Parameters->ParamByName("par2")->Value=versh2;
```

```
ADOQuery1->ExecSQL();
```

#### Листинг 4 – Удаление информации о дуге

Уровень детализации новой вершины становится равным 1. Последующий анализ рассматриваемой подсистемы позволяет получить потоки, которые влияют на уровень, поскольку только эти элементы могут изменять значение накопителей (рисунок 32).

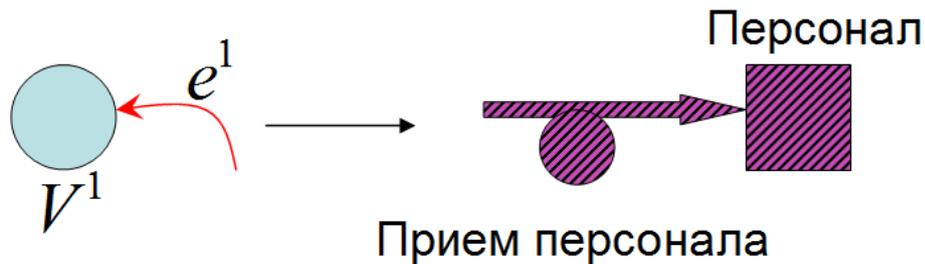


Рисунок 32 - Формирование потоков СД модели

При этом важно учитывать, как поток влияет на уровень (наполняет или истощает его). Если функционал влияния согласно формуле (8) отрицателен, то соответствующий поток будет исходящим, в противном случае – входящим.

После определения потоков, производится дополнительная детализация модели с дальнейшим разрывом связей, в результате чего в модели появляются переменные и константы, которые не были отнесены ни к уровням, ни к потокам (рисунок 33).

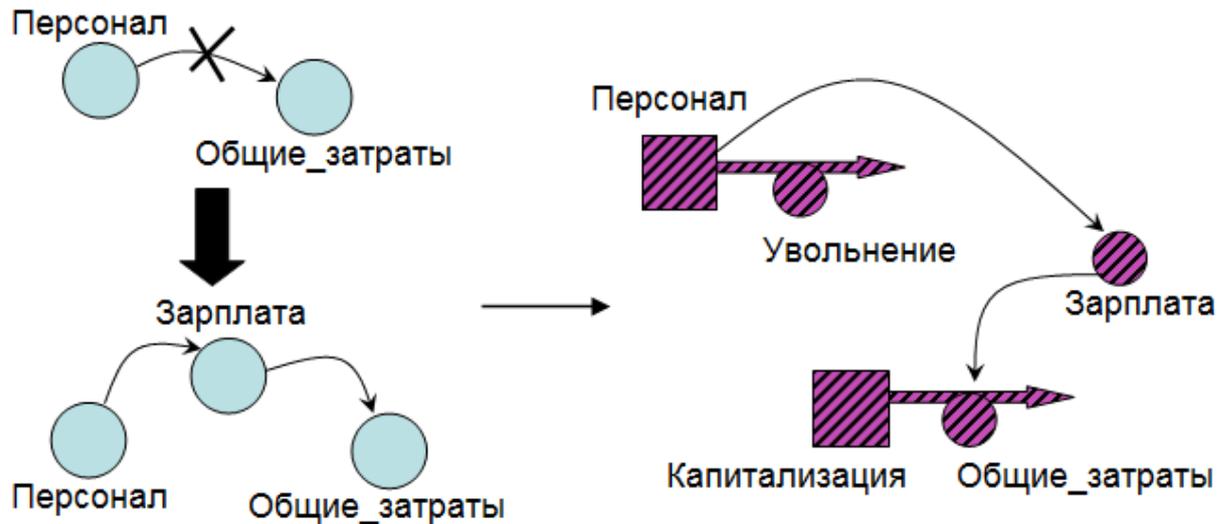


Рисунок 33 – Создание переменных в системно-динамической модели

Итерационное применение рассмотренной процедуры ко всем вершинам исходной когнитивной карты, позволило получить структуру системно-динамической модели рассматриваемого предприятия, которая была представлена в 3 главе (рисунок 15).

Параметризация системно-динамической модели проводилась с учетом экспертных знаний и информации из литературных источников [32,14] для определения степени зависимости элементов СД модели друг от друга.

- Количество продукции на балансе у предприятия:

$$d(\text{Продукция})/dt = \text{Произведено} - \text{Реализовано}, \quad (15)$$

где *Произведено* - количество произведенной продукции;

*Реализовано* - количество реализованной продукции.

- Количество реализованной продукции:

$$\text{Реализовано} = 0.15 * \text{Продукция}, \quad (16)$$

Поскольку установка на начальном этапе работает в тестовом режиме, возможна отбраковка продукции, которая на предприятии по производству перламутрового пигмента составляет около 15%.

- Доход предприятия:

$$\text{Доходы} = \text{Доход}_c\_продаж + \text{Доп\_доходы}, \quad (17)$$

где *Доход\_с\_продаж* - доход, получаемый предприятием от реализации продукции;

*Доп\_доходы* - дополнительные доходы предприятия.

При запуске предприятия рассмотренные параметры равны нулю, поскольку производства продукции не происходит. Другие зависимости элементов модели были описаны в разделе 3.4.

### **4.3 Анализ вариантов развития МИП**

Как было указано в главе 2 в рамках разработанного метода информационной поддержки управления развитием МИП процесс развития предприятия представляется в виде последовательно сменяющихся фаз развития. Главной задачей управления развитием является преодоление кризисных явлений путем перехода в следующую фазу.

Развитие предприятия в первой фазе (пионерская) характеризуется наличием небольшого стартового капитала и неустойчивым финансированием. Производство продукции ведется малыми партиями (общая производительность установки по производству перламутрового пигмента составит 1-1,5т в месяц). Экспериментальное производство предприятия предполагает работу оборудования в периодическом режиме в течение не более 5-8 месяцев, если брать в расчет подбор и изготовление оборудования, его монтажа и вывода на стабильные показатели работы, то данный этап займет приблизительно 1,5-2 года. Рынок сбыта представлен ограниченным числом покупателей. В структуре управления присутствует мало промежуточных уровней управления, а стратегия развития четко не определена.

При переходе во вторую фазу (дифференциации) увеличиваются объемы производства продукции (20-50т перламутрового пигмента месяц), вводится массовое производство. Расширяется клиентская база, рынок сбыта растет. На предприятии вводится жесткое управление, стандартизация. Основной целью данного этапа является увеличение продаж.

Третья фаза развития (интеграции) характеризуется введением на предприятии стратегического управления персоналом, что позволяет обновить организацию и

обеспечить устойчивость функционирования предприятия. При этом начинается активное применение научных разработок, а основой развития менеджмента становятся инновации (значительно увеличиваются затраты на введение инноваций).

Переход между фазами связан с изменениями структуры организации, в частности, вводится новое звено управления, что необходимо учитывать при реализации разработанного метода поддержки управления развития МИП.

При запуске программного комплекса в режиме работы ЛПР, вводятся необходимые значения параметров модели, которые соответствуют рассматриваемому предприятию по производству перламутрового пигмента.

Список необходимых значений параметров представлен в таблице 6.

Таблица 6 – Значение параметров МИП по производству перламутрового пигмента

Параметр	Значение
Количество персонала	23 чел.
Стартовый капитал	42 млн. руб.
Количество производимой продукции в месяц	1-1,5 тонны
Средняя заработная плата по предприятию	40 тыс. руб.
Наценка	50%
Затраты на интеллектуальную собственность в месяц	100-200 тыс. руб.
Затраты на НИОКР в месяц	50%

Значения остальных элементов определяется согласно введенным уравнениям, полученным в результате исследования предметной области и рекомендаций эксперта в сфере организации малых инновационных предприятий.

Необходимо учитывать, что этап экспериментального производства предприятия предполагает работу оборудования в периодическом режиме в течение не более 5-8 месяцев. Если брать в расчет подбор и изготовление оборудования, его монтажа и вывода на стабильные показатели работы, то этап экспериментального производства займет приблизительно 1,5-2 года.

При работе программного комплекса в режиме прямого планирования производится поиск эффективных с точки зрения ЛПР вариантов развития предприятия в каждой фазе с учетом введенных предпочтений пользователя и выбранных точек реструктуризации. Остановка имитационного эксперимента осуществляется с учетом временной характеристики  $t_{stop}$ , которую можно определить, вычислив

$$A_{stop} = k \cdot A_{max}, \quad (18)$$

где  $k$  является задаваемым параметром. В данном случае, значение  $k$  равно 0,9.

В качестве входных параметров вводятся значения следующих элементов, представленных в таблице 7:

Таблица 7 – Значения входных параметров модели

Параметр	Min значение	Average значение	Max Значение
Расходы на выплату заработной платы	30 тыс. руб.	35 тыс. руб.	40 тыс. руб.
Затраты на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИОКР)	60%	65%	70%
Наценка на товар	0,4	0,45	0,5

Согласно введенным данным было проведено 27 имитационных экспериментов, для каждого из которых рассчитывались значения критериев с учетом нормирования показателей (проводились эксперименты для каждой комбинации перечисленных параметров).

Предпочтения пользователя весов показателей распределились следующим образом:

- весовой коэффициент для максимальной скорости капитализации равен 1.
- весовой коэффициент для минимального времени достижения максимальной скорости капитализации равен 1:
- весовой коэффициент для суммарного значение изменения скорости капитализации на всем этапе моделирования равен 0,5.

В таблице 8 представлены данные расчетов значений критериев при заданных предпочтениях ЛПР.

Таблица 8 - Значения критериев по каждому имитационному эксперименту

№ ИЭ	Значение критерия	№ ИЭ	Значение Критерия	№ ИЭ	Значение Критерия
1	0,3075	10	0,6003	19	0,5407
2	0,5385	11	0,3841	20	0,2803
3	0,4562	12	0,4090	21	0,3321
4	0,6022	13	0,3885	22	0,5147
5	0,2056	14	0,4326	23	0,6102
6	0,4395	15	0,2954	24	0,3429
7	0,6110	16	0,5375	25	0,4403
8	0,5428	17	0,2784	26	0,4394
9	0,3209	18	0,3425	27	0,2093

Из полученных значений критериев для каждого из промоделированных вариантов развития выбираем значение критерия, которое имеет наибольший вес (0,6110 эксперимент №7). При этом из базы данных извлекаются значения параметров для данного имитационного эксперимента (затраты на НИОКР= $\max$ , заработная плата= $\min$ , наценка на товар= $\max$ ).

Согласно разработанному методу следующим шагом при организации планирования развития МИП является определение времени реструктуризации предприятия. Для этого на временном интервале, который характеризует рассматриваемый вариант развития малого инновационного предприятия, проводим очередную серию экспериментов. Реструктуризация подразумевает под собой введение нового звена управления, поэтому при запуске «модуля математического анализа результатов имитационных экспериментов и формирования рекомендаций по принятию решений» в файл \*.alp (файл системно-динамической модели) вносятся дополнительные строки, которые содержат информацию о новых элементах СД модели:

```

<Variable ID="59" Name="УволенМенедж" Pos="300 -60" NamePos="290 -
80"> //добавление потока увольнения менеджеров
<VarType ScalarType="real"/>
<Value><![CDATA[0]]></Value>
<Equation/></Variable>
<Variable ID="58" Name="Менеджеры" Pos="250 -60" NamePos="220 -
79.9"> //добавление накопителя «Менеджеры»
<VarType ScalarType="real"/>
<Value><![CDATA[0]]></Value>
<Equation Type="0" RightHandSide="ПриемМенедж-
УволенМенедж"/></Variable> // добавление потока прием менеджеров
<Variable ID="57" Name="ПриемМенедж" Pos="160 -60" NamePos="130 -
80">
<VarType ScalarType="real"/>
<Equation Type="1" RightHandSide="Коэф_менедж"/></Variable>
<Variable ID="56" Name="Manag" Pos="250 -30" NamePos="260 -29.9">
<VarType ScalarType="real"/>
<Equation Type="1" RightHandSide="Менеджеры"/></Variable>

```

#### Листинг 5 – Добавление информации в файл СД модели

Выполнение данной процедуры приводит к появлению в системно-динамической модели дополнительного уровня (Менеджеры) и соответствующих потоков: «ПриемМенедж» и «УволенМенедж». Значение данных элементов при запуске модели равно нулю, поскольку в первой фазе развития данного уровня управления еще не было. Параметризация рассмотренных элементов производится в момент времени реструктуризации.

Согласно формуле (18) определяем интервал времени, в котором необходимо провести структурные изменения предприятия. Поскольку  $A_{\max} = 45,38$ , значение скорости капитализации на искомом временном интервале будет равно:  $A_{t^-, t^+} = 45,38 * 0,9 = 40,842$  в соответствующих точках на оси времени:  $t^- = 18$ ,  $t^+ = 30$ .

Проведя очередную серию имитационных экспериментов (11 ИЭ) на интервале времени [18;30], выделенном для введения нового звена управления, получаем новый набор критериев по имитируемым сценариям, расчет которых проводится аналогично по формуле (4). Значения критериев по проведенной серии экспериментов представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Данные по имитационным экспериментам с учетом реструктуризации

№ ИЭ	Значение критерия	№ ИЭ	Значение критерия	№ ИЭ	Значение Критерия
1	0,3482	6	0,4632	11	0,1953
2	0,3684	7	0,5743	12	0,1593
3	0,3457	8	0,3926	13	0,1375
4	0,3198	9	0,3184		
5	0,3405	10	0,2276		

Выбор максимального значения критерия обеспечивает выделение траектории изменения скорости капитализации при переходе в следующую фазу развития с учетом введения нового звена управления через 24 месяца работы предприятия (ИЭ №7).

Для второй фазы развития предпочтения по весовым коэффициентам были изменены:

- весовой коэффициент для максимальной скорости капитализации равен 1;
- весовой коэффициент для минимального времени достижения максимальной скорости капитализации равен 0,8;
- весовой коэффициент для суммарного значение изменения скорости капитализации на всем этапе моделирования равен 0,7.

В соответствии с этим, для второй фазы вновь были рассчитаны значения критериев по всем имитационным экспериментам (27 ИЭ - проводились эксперименты для каждой комбинации параметров из таблицы 6). При этом учитывалась реструктуризация предприятия в момент времени  $t = 24$ . Распределение значений критериев для второй фазы представлено в таблице 10.

Таблица 10 - Значения критериев имитационных экспериментов во второй фазе

№ ИЭ	Значение критерия	№ ИЭ	Значение Критерия	№ ИЭ	Значение Критерия
1	0,5376	10	0,4964	19	0,4644
2	0,5845	11	0,5102	20	0,4865
3	0,5983	12	0,5043	21	0,5108
4	0,5154	13	0,5276	22	0,5375
5	0,5992	14	0,5325	23	0,5420
6	0,5723	15	0,5432	24	0,5666
7	0,5234	16	0,4908	25	0,5295
8	0,5723	17	0,4983	26	0,5498
9	0,5432	18	0,5001	27	0,5721

Согласно полученным данным, имитационный эксперимент №5 имеет наибольшее значение критерия (0,5992), поэтому развитие предприятия во второй фазе будет проходить по данному сценарию.

Далее в соответствии с разработанным методом управления развитием МИП необходимо провести рассмотренные ранее операции (поиск момента времени реструктуризации) для новых фаз развития.

В результате работы программного комплекса в режиме «прямого» планирования был получен эффективный с точки зрения ЛПП вариант развития предприятия с учетом структурных изменений при переходе в следующую фазу развития. Характеристики полученного сценария имеют вид:

- первая фаза:
  - значения входных параметров -  
 $Затраты_{НИОКР} = \max, Зарплата = \min, Наценка = \max;$
  - время реструктуризации – 24 месяца с момента запуска предприятия.
- вторая фаза:
  - значения входных параметров -  
 $Затраты_{НИОКР} = average, Зарплата = \min, Наценка = average;$

- время реструктуризации – 42 месяца с момента запуска предприятия.
- третья фаза:
  - значения входных параметров -
$$\text{Затраты НИОКР} = \max, \text{ Зарплата} = \max, \text{ Наценка} = \max.$$

#### **4.4 Рекомендации по развитию МИП, полученные в результате применения разработанного программного комплекса**

Следующим этапом работы с программным комплексом является решение задачи «обратного» планирования. Согласно разработанному методу информационной поддержки управления развитием МИП, представленному в разделе 2.5, необходимо определить начальные условия и эффективную схему инвестирования, которые должны обеспечить достижение задаваемого пользователем желаемого конечного состояния (набора параметров и характеристик) развития МИП.

При работе с комплексом ЛПР в качестве целевого состояния было задано значение капитализации предприятия в размере 73 млн. руб. На объем инвестиций, которые можно вложить в МИП в каждой фазе развития, было установлено ограничение в размере 15 млн. руб., шаг изменения разовой суммы инвестирования равен 2 млн. руб.

Поскольку в базе данных хранятся значения всех начальных параметров для каждой фазы развития и временные характеристики проведения реструктуризации, определяющие границы фаз, имеется возможность проведение имитационных экспериментов с изменением параметров инвестирования только для конкретной фазы развития.

Для МИП по производству перламутрового пигмента соответствующее инвестирование производится, начиная с третьей фазы. Инвестирование проводилось на временном отрезке [42;68] с шагом в два месяца. В результате серии имитационных экспериментов (105 ИЭ), было получено 6 вариантов развития МИП, которые приводят к целевому состоянию. Данные по инвестированию (сумма и время), а также начальные параметры данных

вычислительных экспериментов, которые представляют собой так называемые «промежуточные целевые» состояния, были внесены в базу данных (Таблица 11).

Таблица 11 - Характеристики имитационных экспериментов, выполнение которых обеспечивает достижение целевого состояния

№ ИЭ	Время инвестирования	Сумма инвестирования	Входные параметры
7	40 мес.	14 млн.	<i>ЗатратыНИОКР</i> = max, <i>Зарплата</i> = max, <i>Наценка</i> = max.
20	44 мес.	12 млн.	<i>ЗатратыНИОКР</i> = max, <i>Зарплата</i> = average, <i>Наценка</i> = max.
33	48 мес.	10 млн.	<i>ЗатратыНИОКР</i> = average, <i>Зарплата</i> = max, <i>Наценка</i> = max.
39	50 мес.	8 млн.	<i>ЗатратыНИОКР</i> = max, <i>Зарплата</i> = max, <i>Наценка</i> = max.
54	54 мес.	10 млн.	<i>ЗатратыНИОКР</i> = max, <i>Зарплата</i> = max, <i>Наценка</i> = max.
100	68 мес.	4 млн.	<i>ЗатратыНИОКР</i> = max, <i>Зарплата</i> = min, <i>Наценка</i> = min.

Следующим шагом является итерационное применение данной процедуры для предыдущих фаз развития, в результате чего было проведено 130 ИЭ и получено 7 вариантов развития МИП во второй фазе и 3 варианта развития МИП в первой фазе, обеспечивающих достижение промежуточных целевых состояний

(ПРИЛОЖЕНИЕ 1). Промежуточные целевые состояния фаз, которые не обеспечивают полное прохождение всех фаз развития, из базы были удалены.

Определив для каждой фазы развития возможные наборы состояний, прохождение которых обеспечивает достижение целевых показателей, представляем полученную систему состояний ориентированным графом, где вершины - состояния системы, дуги – управления, а веса дуг рассчитываются по формуле (2).

Распределение весовых коэффициентов для каждой фазы представлено в таблице 12.

Таблица 12 - Распределение весовых коэффициентов

Переход	Весовые коэффициенты	Переход	Весовые коэффициенты	Переход	Весовые коэффициенты
$x_0 \rightarrow x_1$	$w_{0,1} = 33$	$x_3 \rightarrow x_4$	$w_{3,4} = 48$	$x_6 \rightarrow x_{11}$	$w_{6,11} = 39$
$x_0 \rightarrow x_2$	$w_{0,2} = 30$	$x_3 \rightarrow x_7$	$w_{3,7} = 53$	$x_7 \rightarrow x_{10}$	$w_{7,10} = 42$
$x_0 \rightarrow x_3$	$w_{0,3} = 35$	$x_4 \rightarrow x_8$	$w_{4,8} = 44$	$x_8 \rightarrow x_{кон.}$	$w_{8,кон.} = 51$
$x_1 \rightarrow x_4$	$w_{1,4} = 45$	$x_5 \rightarrow x_9$	$w_{5,9} = 50$	$x_9 \rightarrow x_{кон.}$	$w_{9,кон.} = 48$
$x_1 \rightarrow x_5$	$w_{1,5} = 30$	$x_5 \rightarrow x_{10}$	$w_{5,10} = 36$	$x_{10} \rightarrow x_{кон.}$	$w_{10,кон.} = 46$
$x_2 \rightarrow x_6$	$w_{2,6} = 47$	$x_6 \rightarrow x_9$	$w_{6,9} = 40$	$x_{11} \rightarrow x_{кон.}$	$w_{11,кон.} = 39$

Применение метода динамического программирования и расчет значений функции Беллмана для каждой промежуточной вершины, а также проведение синтеза оптимальной траектории системы позволяет определить траекторию развития предприятия с наибольшей отдачей при низком инвестировании.

Анализ полученных данных (Таблицы 11-12, Приложение 1) позволяет сделать вывод о необходимости привлечения инвестиций в размере 14 млн. руб. при запуске предприятия (переход на графе  $x_0 \rightarrow x_3$ ). Следующее инвестирование (10 млн. руб.) планируется проводить через 6 мес. работы предприятия (переход  $x_3 \rightarrow x_4$ ), при этом затраты на заработную плату и интеллектуальную собственность необходимо сохранять на первоначальном уровне, а цену на 1 продукции поднять до максимально возможного значения. Следующий переход

$x_4 \rightarrow x_8$  с весовым коэффициентом  $w_{4,8} = 44$  при увеличении затрат на интеллектуальную собственность сопровождается инвестированием в размере 12 млн. через 18 мес. Достижение целевого состояния происходит при переходе  $x_8 \rightarrow x_{\max}$ , когда все входные параметры принимают максимальное значение, а инвестирование в размере 14 млн. производится через 18 мес. График необходимого инвестирования представлен на рисунке 34.

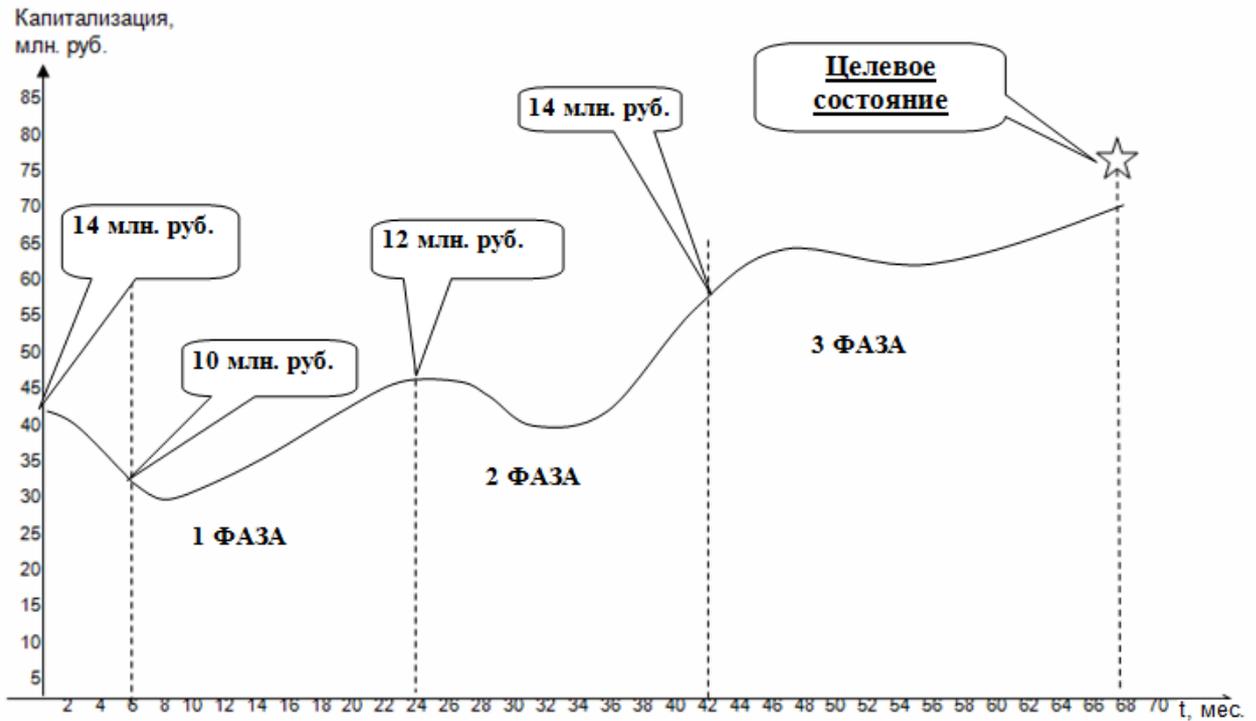


Рисунок 34 - График необходимого инвестирования для достижения целевого состояния

## **Выводы по главе 4**

Применение разработанного метода и программного комплекса для поддержки управления развитием МИП, позволили получить эффективный с точки зрения ЛПР вариант развития предприятия с учетом введения необходимых инвестиций.

При работе с комплексом была создана когнитивная карта малого инновационного предприятия по производству перламутрового пигмента, на разработку которой ушло около двух месяцев работы эксперта. Затраты времени на создание экспертом-консультантом системно-динамической модели, соответствующей разработанной когнитивной карте МИП, с использованием разработанного человеко-машинного интерфейса составили примерно 3 часа. При этом оценочное время на формирование аналогичной модели без использования инструментов автоматизированного отображения когнитивной карты на структуру системно-динамической модели составляет от 10 до 15 часов.

Для решения задачи прямого планирования пользователем был проведен 91 вычислительный эксперимент на первом этапе, результатом выполнения которых является эффективный с точки зрения ЛПР вариант развития. При работе комплекса в режиме «обратного» планирования количество проводимых имитационных экспериментов равно 164. На данном этапе определялось эффективное инвестирование для достижения заданных ЛПР параметров.

Общее время работы программного комплекса в режиме прямого и обратного планирования составило порядка 2-х часов. Рассмотрение такого количества вариантов без использования разработанной системы практически не возможно, так как на расчет одного варианта без входящих в систему программ требуется порядка 3-4 часов.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В диссертационной работе содержится решение научно-технической задачи разработки математического и программного обеспечения для реализации информационной технологии поддержки управления развитием малых инновационных предприятий. В ходе исследования получены следующие результаты:

1. Разработаны метод и технология информационной поддержки процессов управления развитием малых инновационных предприятий, позволяющие повысить эффективность принятия решений за счет последовательного решения задач прямого и обратного планирования вариантов развития МИП.

2. Определена архитектура программного комплекса, объединяющего оригинальные модули решения задач формирования моделей МИП и обработки результатов имитационных экспериментов с инструментальными средствами системно-динамического моделирования и организации хранения данных. Программный комплекс обеспечивает поддержку деятельности двух категорий пользователей – эксперта, формирующего модели для имитационных экспериментов, и ЛПР, использующего имитационное моделирование для выработки решений по управлению развитием МИП.

3. Создана модель формального отображения структуры когнитивных карт на структуры системно-динамических моделей, использующая разработанную систему логических правил сопоставления компонентов когнитивной карты и системно-динамической модели. На основе модели реализован человеко-машинный интерфейс, позволяющий сформировать и визуализировать согласованные структуры когнитивной и системно-динамической моделей.

4. Созданы алгоритмы и комплекс программных средств, реализующих разработанную технологию путем запуска программных модулей, обеспечивающих последовательное решение задач формирования имитационных моделей МИП и проведения серий имитационных экспериментов, позволяющих определить параметры эффективного развития МИП с учетом предпочтений лица, принимающего решения.

Аспекты научной новизны соответствуют областям исследований п.3 «Модели, методы, алгоритмы, языки и программные инструменты для организации взаимодействия программ и программных систем» и п.7 «Человеко-машинные интерфейсы; модели, методы, алгоритмы и программные средства машинной графики, визуализации, обработки изображений, систем виртуальной реальности, мультимедийного общения» специальности 05.13.11 «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей».

## **Список обозначений и сокращений**

МИП	– малое инновационное предприятие.
ПО	– программное обеспечение.
ЛПР	– лицо, принимающее решение.
НИОКР	– научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы.
ИТ	– информационные технологии.
СД модель	– системно-динамическая модель.
ИКК	– исходная когнитивная карта.
БД	– база данных.
СУБД	– средства управления базами данных.
ИЭ	– имитационный эксперимент.
ODBC	– Open Database Connectivity.
SQL	– Structured Query Language.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авдеева, З.К. Когнитивный подход в управлении / З.К. Авдеева, Д.И. Макаренко, С.В. Коврига, В.И. Максимов // Проблемы управления. – 2007. – №3. – С. 2-8.
2. Авсянников, Н.М. Инновационный менеджмент / Н.М. Авсянников. – Издательство: РУДН, 2002. – 176 с.
3. Адизес, И.К. Управление жизненным циклом корпорации / И.К. Адизес. – СПб.: Питер, 2007. – 384 с.
4. Акулов, В.Б. Теория организации / В.Б. Акулов, М.Н. Рудаков. – Петрозаводск: ПетрГУ, 2002. – 142 с.
5. Альт-Инвест - инвестиционный и финансовый анализ, программы и семинары, бизнес-план, управление инвестиционными проектами, бюджетирование [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.alt-invest.ru/index.php/ru/programmy/opisaniya/alt-prognoz> (дата обращения 30.08.2016)
6. Анохин, А.Н. Человеко - машинный интерфейс для поддержки когнитивной деятельности операторов АС / А.Н. Анохин, А.С. Ивкин // Ядерные измерительно-информационные технологии. – 2012. – No. 1(41). – С. 57-66.
7. Ансофф И. Новая корпоративная стратегия / И. Ансофф. – СПб.: Питер Ком, 1999. – 416 с.
8. Анчишкин, А.И. Наука. Техника. Экономика / А.И. Анчишкин. – М.: Экономика, 1986. – 259 с.
9. Бездудный, Ф.Ф. Сущность понятия инновация и его классификация / Ф.Ф. Бездудный, Г.А. Смирнова, О.Д. Нечаева // Инновации. – 1998. – № 2-3 (13). – С. 3–13.
10. Берлинер, Ю.И. Внедрение научно-технических разработок: Проблемы планирования / Ю.И. Берлинер. – М: Экономика, 1985. – 72 с.
11. Бляхман, Л.С. Экономика, организация управления и планирование научно-технического прогресса / Л.С. Бляхман. – М.: Высш. шк., 1991. – 228 с.

12. Богати́ков, В.Н. Имитационное моделирование в задачах перспективного планирования (на примере инновационного предприятия) / В.Н. Богати́ков, А.В. Горохов, Д.Н. Халиуллина // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Экономика и управление. – 2014. – №1(20). – С. 5-12.
13. Богати́ков, В.Н. Когнитивная модель развития инновационного предприятия как сложной динамической системы / В.Н. Богати́ков, Д.Н. Халиуллина // Materiály IX mezinárodní vědecko - praktická conference «Moderní vymoženosti vědy – 2013». Technické vědy: Praha. Publishing House «Education and Science». – 2013. – Díl 78. – С.63-71.
14. Бочаров, В.В. Комплексный финансовый анализ / В.В. Бочаров. – СПб.: Питер, 2005. – 432 с.
15. Брегис. Продукты. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.bregis.ru/products/productsall/> (дата обращения 30.08.2016)
16. Валента, Ф. Творческая активность – инновации – эффект / Ф. Валента. – М: Эксмо, 2008. – 400 с.
17. Вентцель, Е.С. Исследование операций / Е.С. Вентцель. – М.: Советское радио, 1972. – 552 с.
18. Винакуров, В.В. Организация стратегического управления на предприятии / В.В. Винакуров. – М. Центр экономики и маркетинга, 1996. – 160 с.
19. Водачек, Л. Стратегия управления инновациями на предприятии / Л. Водачек, О. Водачкова. – Сокр. пер. со словар. – М.: Экономика, 1989. – 167 с.
20. Гаврилов, Д.А. Управление производством на базе стандарта MRP II / Д.А. Гаврилов. – СПб.: Питер, 2005. – 416 с.
21. Гвишиани, Д.М. Теоретические аспекты исследований инновационного процесса и формирования инновационной политики / Д.М. Гвишиани, В.И. Громека. – Инновационная политика развитых капиталистических государств. – М., 1990. – С.5.

22. Глазл, Ф. Динамичное развитие предприятия. Как предприятия-пионеры и бюрократия могут стать эффективными / Ф. Глазл, Б. Ливехуд; Пер. с нем. – Калуга: «Духовное познание», 2000. – 32 с.
23. Глазьев, С.Ю. Современная теория длинных волн в развитии экономики / С.Ю. Глазьев // Экономическая наука современной России. – 2012. – № 2 (57). – С. 8-27.
24. Горелова, Г.В. Исследование слабоструктурированных проблем социально-экономических систем: когнитивный подход / Г.В. Горелова, Е.Н. Захарова, С.Н. Радченко. – Ростовн/Дону: Изд-во РГУ, 2006. – 332с.
25. Горелова, Г.В. Когнитивный подход к имитационному моделированию сложных систем / Г.В. Горелова // Известия Южного федерального университета. Технические науки. – 2013. – № 3 (140). – С. 239-250.
26. Грейнер, Л. Эволюция и революция в процессе роста организаций / Л. Грейнер // Вестник С.-Петербур. ун-та. Серия 8: Менеджмент. – 2002. – No 4. – С. 76-92.
27. Грюниг, Р. Методы и средства стратегического планирования на фирме / Р. Грюниг // Проблемы теории и практики управления. – 1993. – № 3. – С.53–57.
28. Дедкова, М.В. Капитализация компании: теоретический аспект / М.В. Дедкова // АКБ «Расчетный Объединенный Союзный Европейский Банк» Научное издание ФГОУ ВПО РГУТиС. Вестник МГУ С. – 2007. – № 1. – С. 18-21.
29. Дмитриевский, Б.С. Информационная система оценки эффективности инвестиций на модернизацию технологической линии / Дмитриевский Б.С., Матвейкин В.Г., Татаренко С.И., Панченко И.С. // Приборы и Системы. Управление, Контроль, Диагностика. – 2009. – №7. – С.56-58.
30. Емельянов, С.В. Искусственный интеллект и принятие решений: Методы рассуждений и представления знаний. Когнитивные исследования / С.В. Емельянов. – Интеллектуальные системы. Вып.3. М.: Ленанд, 2014. – 120 с.

- 31.Каталевский, Д.Ю. Основы имитационного моделирования и системного анализа в управлении / Д.Ю. Каталевский. – М.: Издательство Московского университета, 2011. – 304 с.
- 32.Кистерева, Е.В. Справочник экономиста по ценообразованию / Е.В. Кистерева. – Профессиональное издательство, 2008. – 136 с.
- 33.Кныш, В.А. Стратегическое управление малыми инновационными предприятиями, созданными при университете для внедрения результатов интеллектуальной деятельности / В.А. Кныш, Ю.С. Федорова // Записки Горного Института. Геоэкономика и менеджмент. СПб. – 2012. – № 197. – С. 113–117.
- 34.Кокурин, Д.И. Инновационная деятельность / Д.И. Кокурин. – М.: Экзамен, 2001. – 576 с.
- 35.Колупаева, С.Р. США: управление наукой и нововведениями / С.Р. Колупаева, Г.Б. Кочетков. – М.: Наука, 1995. – 214 с.
- 36.Кондратьев, Э.В. Сравнительный анализ основных моделей развития предприятия / Э.В. Кондратьев, И.С. Чемезов // Менеджмент: управление организацией в условиях кризиса: Межвузовский сборник научных трудов. Под общ. ред. д-ра экон. наук, проф. С.Д. Резника. Вып. 1. Пенза: ПГУАС. – 2010. – С. 110-117.
- 37.Кондратьев, Э.В. Управление развитием предприятия на основе фазового перехода / Э.В. Кондратьев, И.С. Чемезов. – Пенза: ПГУАС, 2012. – 200 с.
- 38.Коротков, Э.М. Антикризисное управление / Э.М. Коротков. – М.: ИНФАМ, 2010. – 620 с.
- 39.Кулинич, А.А. Классификация когнитивных карт и методы их анализа / А.А. Кулинич // Труды 6-й Международной научно-практической конференции «Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте» (Коломна, 2011). М.: Физматлит, – 2011. – Т1. – С. 124-135.

- 40.Кулинич, А.А. Компьютерные системы анализа ситуаций и поддержки принятия решений на основе когнитивных карт: подходы и методы / А.А. Кулинич // Проблемы управления. – 2011. – №4. – С. 31-45
- 41.Лапин, В.Н. Социальные аспекты управления нововведениями / В.Н. Лапин// Проблемы управленческих нововведений и хозрасчетного экспериментирования. Всесоюзная научно-практическая конференция. Таллин. – 1981. – С. 23.
- 42.Лукин, Л.Н. Разработка стратегии развития предприятия на основе принципов системного подхода / Л.Н. Лукин // Проблемы и перспективы развития экономики и менеджмента в России и за рубежом: Материалы Шестой международной научно-практической конференции. – 2014. – С. 403–408.
- 43.Лычкина, Н.Н. Инновационные парадигмы имитационного моделирования и их применение в сфере управленческого консалтинга, логистики и стратегического менеджмента / Н.Н. Лычкина // Логистика и управление цепями поставок. – 2013. – № 05(58). – С. 28–41.
- 44.Лычкина, Н.Н. Системы принятия решений в задачах социально-экономического развития регионов / Н. Н. Лычкина // Компьютолог. – 1999. – No 2(32). – С. 11–18.
- 45.Морозов, Ю.П. Инновационный менеджмент / Ю.П. Морозов, А.И. Гаврилов, А.Г. Городнов. – Издательство: Юнити-Дана, 2003. – 417 с.
- 46.НК РФ Статья 149. Операции, не подлежащие налогообложению (освобождаемые от налогообложения) п2.п.3
- 47.Облой, К. Стратегия предприятия: в поисках устойчивого конкурентного преимущества / К. Облой. – Минск: Гривцов Букс, 2013. — 384 с.
- 48.Оппенлендер, К.Х. Необходимость и предпосылки новой инновационной политики / К.Х. Оппенлендер // Вопросы экономики. – 1996. – № 10. – С.117-124.

49. "Основные направления политики Российской Федерации в области развития инновационной системы на период до 2010 года" (утв. Правительством РФ 05.08.2005 N 2473п-П7)
50. Официальный сайт компании Компас [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://kompas.ru/> (дата обращения 10.08.2016)
51. Официальный сайт компании DATAMINE. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.dataminesoftware.com/> (дата обращения 30.08.2016)
52. Официальный сайт компании Прометей [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [http://www.prometeus.ru/actual/01\\_products/lms/opisanie.html](http://www.prometeus.ru/actual/01_products/lms/opisanie.html) (дата обращения 30.08.2016)
53. Официальный сайт компании Cardioline. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://cardioline.com/> (дата обращения 30.08.2016)
54. Питерс Т. В поисках эффективного управления / Т. Питерс, Р. Уотермен. – Издательство: Прогресс, 1986. – 424 с.
55. Постановление Правительства Российской Федерации “О концепции инновационной политики Российской Федерации на 1998 - 2000 годы”: от 24 июля 1998 г. N 832 // "Собрание законодательства РФ".- N32.- 19.08.1998.- ст.3886
56. Постановление Правительства РФ от 13.07.2015 N 702 "О предельных значениях выручки от реализации товаров (работ, услуг) для каждой категории субъектов малого и среднего предпринимательства"
57. Прохорова, В.В. Когнитивное моделирование устойчивого экономического развития предприятий / В.В. Прохорова // Экономика и управление. – 2011. – №1. – С.24-30.
58. Решмин, Б.И. Имитационное моделирование и системы управления / Б.И. Решмин. – Вологда: Инфра-Инженерия, 2016. – 74 с.
59. Робертс, Ф.С. Дискретные математические модели с приложениями к социальному, биологическому и экономическому задачам / Ф.С. Робертс. – М.: Наука, 1986. – 497 с.

- 60.Руководство Осло. Рекомендации по сбору и анализу данных по инновациям.3-е издание. Москва, 2006. – 192 с.
- 61.Санто, Б. Инновация как средство экономического развития / Б. Санто. – Пер. с венг. с из. и доп. авт. – Общ. ред. и вступ. ст. Б.В. Сазонова. – М.: Прогресс, 1990. – 296 с.
- 62.Силов, В.Б. Принятие стратегических решений в нечеткой обстановке (в политике, макроэкономике, социологии, менеджменте, медицине, экологии) / В.Б. Силов – М.: ИНПРО-РЕС, 1995. – 228 с.
- 63.Система WebTutor. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.websoft.ru/> (дата обращения 15.08.2016)
- 64.Ст.4 Федерального закона от 24.07.2007 N 209-ФЗ (ред. от 23.06.2016) "О развитии малого и среднего предпринимательства в Российской Федерации"
- 65.Твисс, Б. Управление научно-техническими нововведениями / Б. Твисс. – Сокр. пер. с англ. - Авт. предисл. и науч. ред. К.Ф.Пузыня. – М.: Экономика, 1989. – С. 34.
- 66.Фатхутдинов, Р.А. Инновационный менеджмент: Учебник для вузов. 6-е изд. / Р.А. Фатхутдинов. – СПб.: Питер, 2008. – 448 с.
- 67.Федеральный закон от 23.08.1996 N 127-ФЗ (ред. от 23.05.2016) "О науке и государственной научно-технической политике" (с изм. и доп., вступ. в силу с 03.06.2016)
- 68.Федеральный закон от 28 декабря 2010 г. N 432-ФЗ "О внесении изменений в статью 58 Федерального закона "О страховых взносах в Пенсионный фонд Российской Федерации, Фонд социального страхования Российской Федерации, Федеральный фонд обязательного медицинского страхования и территориальные фонды обязательного медицинского страхования" и статью 33 Федерального закона "Об обязательном пенсионном страховании в Российской Федерации"
- 69.Халиуллина, Д.Н. Проблемно-ориентированный программный комплекс поддержки стратегического планирования развития малых инновационных

- предприятий / Д.Н. Халиуллина // Труды СПИИРАН. – 2016. – № 3(46).– С.190-211.
- 70.Халиуллина, Д.Н. Технология и инструментальная система информационной поддержки стратегического планирования развития малого научно-инновационного предприятия / Д.Н. Халиуллина, А.В. Маслобоев // Вестник МГТУ: Труды Мурманского государственного технического университета. Мурманск: МГТУ. – 2011. – Т.14. №3. – С. 611-620.
- 71.Цветков, В.Я. Инновация и инновационный процесс как сложная система / В.Я. Цветков, А.С. Омельченко // Качество. Инновации. Образование.– 2006. – № 2. – С. 10-15.
- 72.Ширяев, В.И. Управление предприятием: Моделирование, анализ, управление / В.И. Ширяев, И.А. Баев, Е.В. Ширяев. – М.: Книжный дом Либроком, 2015. – 272 с.
- 73.Шлее, М. Профессиональное программирование на C++ / М. Шлее – СПб.: ВHV, 2012. – 912 с.
- 74.Шумпетер, Й.А. Теория экономического развития / Й.А. Шумпетер. – М. Эксмо, 2007. – 324 с.
- 75.Яровый, А.В. Применение системно-динамического моделирования в идентификации и управлении бизнес-процессами предприятия / А.В. Яровый // Известия Юго-Западного государственного университета.– 2013. – №3. – С. 63-70.
- 76.About Maptek. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [http://www.maptek.com/about\\_maptek/index.html](http://www.maptek.com/about_maptek/index.html) (дата обращения 30.08.2016)
- 77.ANSYS, Программные продукты CAFDem. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.cadfer-cis.ru/products/ansys/> (дата обращения 30.08.2016)
- 78.AnyLogic Simulation Software Overview. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.anylogic.com/overview/> (дата обращения 30.08.2016)

79. Autodesk | программы для 3D-проектирования, дизайна, анимации и графики. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.autodesk.ru/> (дата обращения 30.08.2016)
80. Awwad, R. Developing a Virtual Laboratory for Construction Bidding Environment Using Agent-Based Modeling / R. Awwad, S. Asgari, A. Kandil // *Journal of Computing in Civil Engineering*. – 2014. – 29 (6). – P. (04014105-1) - (04014105-14).
81. Barabba, V. A multimethod approach for creating new business models: the general motors OnStar project / V. Barabba, C. Huber, F. Cooke, N. Pudar, J. Smith, M. Paich // *Interface*. – 2002. – 32(1). – P. 20–34.
82. Booth Sweeney, L. Bathtub dynamics: initial results from a systems thinking inventory / L. Booth Sweeney, J. Sterman // *System Dynamics Review*. System Dynamics Society, Albany (New York). – 2016. – Vol. 16. – P. 249–286.
83. Borshchev, A.. *The Big Book of Simulation Modeling. Multimethod Modeling with AnyLogic 6* / A. Borshchev. – North America, 2013. – 612 p.
84. Butler, J. Agent - Based Modeling in Systems Pharmacology / J. Butler, J. Cosgrove, K. Alden, M. Read, V. Kumar, L. Cucurull - Sanchez, J. Timmis, M. Coles // *CPT: Pharmacometrics & Systems Pharmacology*, 2015. – 4 (11). – P. 615–629.
85. Choi, S.Y. Application Of Agent-Based Multimethod Simulation Approach To The Simulation Testbed Prototype For The Concept Exploration And Requirement Analysis Of UGV / S.Y. Choi, K. Park, J.H. Yang, H.I. Kang // *ECMS*, 2015. – P. 57-63.
86. Collabtive. About. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://collabtive.odyn.de/about.php> (дата обращения 30.08.2016)
87. Dangelico, R.M. A System Dynamics Model to Analyze Technology Districts' Evolution In a Knowledge-Based Perspective / R.M. Dangelico, A.C. Garavelli, A.M. Petruzzelli // *Technovation*. – 2010. – Vol. 30 (2). – P. 142–153.
88. Dawson, P. *Managing Change, Creativity and Innovation* (2nd ed.) / P. Dawson, , C. Andriopoulos. – London: Sage, 2014. – 448p.

89. Dawson, P. Simulation modelling and strategic change: creating the sustainable enterprise / P. Dawson, T. Spedding // Australasian Journal of Information Systems. – 2010. – 16 (2). – P. 71-80.
90. Druker. P. Innovation and Entrepreneurship: Practice and Principles. Русскоязычное издание: Бизнес и инновации / P. Druker. – М.: «Вильямс», 2007. – С. 432.
91. Eden, C. Cognitive mapping / C. Eden // Eur. J. of Operational Res. – 1988. – Vol. 36. №1. – P. 1-13.
92. Forrester, J.W. System Dynamics and the Lessons of 35 years. A Systems — based approach to Policymaking / J.W. Forrester // Ed.by De Green U.B. Boston: Kluwer. – 1995. – P. 199-239.
93. Fujimoto, R.M. Parallel discrete event simulation / R.M. Fujimoto // Proc. of the Winter Simulation Conf. – 1989. – P. 19–28.
94. Galbraith, P. System dynamics: A lens and scalpel for organisational decision making / P. Galbraith // OR Insight. – 2010. – 23(2). – P. 96-123.
95. Gantt project. Free project scheduling and management app for Windows, OSX and Linux. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.ganttproject.biz/> (дата обращения 30.08.2016)
96. Golnam, A. Integrating system dynamics and enterprise modeling to address dynamic and structural complexities of choice situations / A. Golnam, A. Ackere, A. Wegmann // Proceedings of the 28th International Conference of The System Dynamics Society, 25-29 July 2010. Seoul, Korea. – 2010. – P. 1-18.
97. Grainer, L. Evolution and Revolution as Organizations Grow / L. Grainer. – Harvard Business Review, 1998. – P. 58.
98. IDC Worldwide Black Book, Q2 2014; World Bank, 2014.
99. IDC: The premier global market intelligence firm. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.idc.com/> (дата обращения 30.08.2016)
100. Irani Z. Visualising a knowledge mapping of information systems investment evaluation / Z. Irani, A. Sharif, M.M. Kamal, P.E.D. Love // Expert Systems with Applications. – 2014. – Vol. 41. Iss. 1. – P. 105-125.

101. KAI. Software Package for Geologists, Surveyors and Mining Engineers. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://kai.ua/ru/products/k-mine/> (дата обращения 30.08.2016)
102. Katz, D. The Social Psychology of Organizations / D. Katz, R.L. Kahn. – Wiley: N. Y, 1978. – 838 p.
103. Kleinxnecht, A. Innovation Patterns in Crisis and Prosperity. Schumpeter's Long Cycle / A. Kleinxnecht – Jan Press, 1987. – 456p.
104. Kondratyev, M. Parallel Discrete Event Simulation with AnyLogic / M. Kondratyev, M. Garifullin // Parallel Computing Technologies, 10th International Conference, PaCT 2009, Novosibirsk, Russia, August 31-September 4, 2009, Proceedings. – 2009. – vol. 5698. – P. 226-236.
105. Larman, C. Applying UML and Patterns: An Introduction to Object-Oriented Analysis and Design and Iterative Development / C. Larman. – 3 edition. – Prentice Hall, 2004. –736p.
106. Learning Technology Solutions from Upside Learning. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.upsidelearning.com/uk/>(дата обращения 30.08.2016)
107. Lee, K.C. An agent-based fuzzy cognitive map approach to the strategic marketing planning for industrial firms /K.C. Lee, H. Lee, N. Lee, J. Limb// Industrial Marketing Management. Special Issue on Applied Intelligent Systems in Business-to-Business Marketing. – 2013. – Vol. 42. Iss. 4. – P. 552–563.
108. Lindgren, M. Scenario Planning: The Link between Future and Strategy / M. Lindgren, H. Bandhold. – Palgrave Macmillan, 2009. – 216 p.
109. Lomazov, V.A. An assessment of regional socio-economic projects / V.A. Lomazov, V.S. Nehotina // Экономика, статистика и информатика. Вестник УМО. – 2013. – № 3.– С. 190–193.
110. Mansfield, E. Social and private rates of return from industrial innovations. / Mansfield E., Rapport A. // The quarter by Journal of economics. – 1989. – № 91. – P. 221–240.

111. Micromine - Mining Software. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.micromine.com/micromine-mining-software/> (дата обращения 30.08.2016)
112. Microsoft Dynamics Software Will Continue to Gain Share in Customer Relationship Market. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.trefis.com/stock/msft/articles/14822/microsoft-dynamics-software-will-continue-to-gain-share-in-customer-relationship-market/2010-04-08> (дата обращения 15.08.2016).
113. MicroStation - приложение для профессионального проектирования в 3D модели. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.ustation.ru/>(дата обращения 30.08.2016)
114. Morecroft, J. Strategic Modelling and Business Dynamics. A Feedback Systems Approach / J. Morecroft. – John Wiley&Sons Ltd, 2007. – 504 p.
115. Nalchigar, S. Towards Actionable Business Intelligence: Can System Dynamics Help? / S. Nalchigar, E. Yu, S. Easterbrook // The Practice of Enterprise Modeling 7th IFIP WG 8.1 Working Conference, PoEM 2014, Manchester, UK, November 12-13, 2014, Proceedings, Springer. – 2014. – vol. 197. – P. 246-260.
116. Nazaretha, D.L. A system dynamics model for information security management / D.L. Nazaretha, J. Choib // Information & Management. – 2015. – Vol. 52. Is. 1. – P. 123–134.
117. Niazi, M. Agent-based Computing from Multi-agent Systems to Agent-Based Models: A Visual Survey / M. Niazi, A. Hussain // Scientometrics. Springer. – 2011. – 89 (2). – P. 479–499.
118. Ntarlas, O.D. A survey on applications of fuzzy cognitive maps in business and management /O.D. Ntarlas, P.P. Groumpos// Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. Изд-во: ГОУ ВПО "Уфимский государственный авиационный технический университет". – 2014. – Том 18. № 5(66). – С. 3-7.

119. O'Sullivan, D. Agent-based models and individualism: Is the world agent-based? / D. O'Sullivan, M. Haklay // *Environment and Planning A*. – 2000. – 32 (8). – P. 1409–1425.
120. Primavera Enterprise Project Portfolio Management (PPM)| Oracle. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.oracle.com/applications/primavera/index.html> (дата обращения 30.08.2016)
121. Project Expert — программа для разработки бизнес-планов и оценки инвестиционных проектов Expert-Systems. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.expert-systems.com/financial/pe/> (дата обращения 30.08.2016)
122. Quinn, R.E. Organizational life cycles and shifting criteria of effectiveness: Some preliminary evidence / R.E. Quinn, K. Cameron // *Management Science*. – 1983. – 29 (1). – P. 33-51.
123. Rabelo, L. Using system dynamics, neural nets, and eigenvalues to analyse supply chain behaviour. A case study / L. Rabelo, M. Helal, C. Lertpattarapong, R. Moraga, and A. Sarmiento // *International Journal of Production Research*. – 2008. – Vol. 46. №. 1. – P. 51–71.
124. Rahmandad, H. Connecting Strategy and System Dynamics: An Example and Lessons Learned / H. Rahmandad // *System Dynamics Review*. – 2015. – Vol. 31. – No. – 3. – P. 149-172.
125. Roychoudhury, S. Models to Aid Decision Making in Enterprises / S. Roychoudhury, A. Rajbhoj, V. Kulkarni, D. Kholkar // *ICEIS*. – 2014. – № (3). – P. 465-471.
126. Salamon, T. Design of Agent-Based Models: Developing Computer Simulations for a Better Understanding of Social Processes / T. Salamon. – Repin, Czech Republic: Bruckner Publishing, 2011. – 220p.
127. Schoemaker P. Multiple Scenario Development: its conceptual and behavioral foundation / P. Schoemaker // *Strategic Management Journal*. – 1993. – vol. 14. № 3. – P. 193–213.

128. Scott, B.R. Stages of Corporate Development / B.R. Scott // Intercollegiate Case Clearing House: Boston, MA. – 1971. – Part 1. Case No. 9-371-294. – P.1-25.
129. Singer, T. ERP solutions: Are they right for maintenance management? [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.plantengineering.com/industry-news/top-stories/single-article/erp-solutions-are-they-right-for-maintenance-management/8e71519e86.html> (дата обращения 30.08.2016)
130. Sterman, J. Cloudy skies: assessing public understanding of global warming / J. Sterman, L Booth Sweeney // SystDynRev. – 2000. – 18. – P. 207–240.
131. Stress Browser v.2.2: стресс-эхографические исследования. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.doctor-soft.ru/soft-/stressbrowser.html> (дата обращения 30.08.2016)
132. Thompson, B.P. Use of system dynamics as a decision-making tool in building design and operation / B.P. Thompson, L.C. Bank // Building and Environment. – 2010. – vol. 45. № 4. – Pp. 1006–1015.
133. Torbert, W.R. Pre-bureaucratic and Post-bureaucratic stages of organization development / W.R. Torbert // Interpersonal Development. – 1974. – 5 (1). – P. 1-25.
134. Warren, K. Strategic Management Dynamics / K. Warren. – London Business School. John Wiley&Sons, 2008. – 77p.
135. What is Microsoft Project (Microsoft Office Project)? Definition from WhatIs.com. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://whatis.techtarget.com/definition/Microsoft-Project-Microsoft-Office-Project> (дата обращения 30.08.2016)
136. Wohlgemuth, V. Combining Discrete Event Simulation and Material Flow Analysis in a Component-Based Approach to Industrial Environmental Protection / Wohlgemuth,V., Page, B., Kreutzer // Environmental Modelling & Software. Elsevier Ltd. – 2006. – Vol. 21. – P.1607-1617.

137. Zhang, B. On the Modelling of Transportation Evacuation: An AgentBased Discrete-Event Hybrid-Space Approach / B. Zhang, W. Chan, S.V. Ukkusuri / J. Simulation, vol. 8, no. 4. 2014. Pp. 259–270

**ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Характеристики имитационных экспериментов, обеспечивающих достижение промежуточных целевых состояний**

№ ИЭ	Время инвестирования	Сумма инвестирования	Входные параметры
Вторая фаза			
6	24 мес.	12 млн.	<i>ЗатратыНИОКР = max,</i> <i>Зарплата = average,</i> <i>Наценка = max .</i>
14	26 мес.	14 млн.	<i>ЗатратыНИОКР = max,</i> <i>Зарплата = average;</i> <i>Наценка = average.</i>
19	28 мес.	10 млн.	<i>ЗатратыНИОКР = average,</i> <i>Зарплата = min,</i> <i>Наценка = max .</i>
21	28 мес.	14 млн.	<i>ЗатратыНИОКР = min,</i> <i>Зарплата = min,</i> <i>Наценка = max .</i>
54	38 мес.	10 млн.	<i>ЗатратыНИОКР = max,</i> <i>Зарплата = min,</i> <i>Наценка = average.</i>
62	40 мес.	12 млн.	<i>ЗатратыНИОКР = max,</i> <i>Зарплата = min,</i> <i>Наценка = min .</i>
69	42 мес.	12 млн.	<i>ЗатратыНИОКР = max,</i> <i>Зарплата = average,</i> <i>Наценка = min .</i>

Продолжение

Первая фаза			
12	4 мес.	14 млн.	<i>Затраты НИОКР = max, Зарплата = min, Наценка = min .</i>
19	6 мес.	10 млн.	<i>Затраты НИОКР = average, Зарплата = min, Наценка = max .</i>
62	18 мес.	12 млн.	<i>Затраты НИОКР = average, Зарплата = average, Наценка = average.</i>

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Акты внедрения

Министерство образования и науки РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Петрозаводский государственный университет»  
Кольский филиал

Факультет информатики и прикладной математики

### АКТ

об использовании результатов диссертационной работы  
на соискание ученой степени кандидата технических наук  
**Халиуллиной Дарьи Николаевны**

Настоящий акт свидетельствует о том, что результаты диссертационного исследования Халиуллиной Дарьи Николаевны «Математическое и программное обеспечение поддержки управления развитием малых инновационных предприятий» были использованы в учебном процессе на факультете информатики и прикладной математики Кольского филиала федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Петрозаводский государственный университет» в рамках практических и лабораторных занятий по следующим дисциплинам:

*По направлению 38.03.05 - бизнес информатика:*

- архитектура предприятия;
- имитационное моделирование;
- информационные системы управления производственной компанией.

*По направлению 09.03.02 - информационные системы и технологии:*

- инструментальные средства информационных систем;
- информационные технологии.

Дата: «17» января, 2015 г.

Заместитель декана факультета ИИМ,  
к.т.н.



 Быстров В.В./

*Дарья Николаевна Халиуллиной  
по месту работы удостоверяю.  
Главный специалист каф. ИИМ ПетГГУ*

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ**  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ**  
**ИНСТИТУТ ХИМИИ И ТЕХНОЛОГИИ РЕДКИХ**  
**ЭЛЕМЕНТОВ И МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ им. И.В. Таванцева**  
**КОЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК**  
**(ИХТРЭМС КНЦ РАН)**

Академгородок, 26а, Ашшаты Мурманской обл., 184200, телефон (815-33)79-549, факс (815-33)6-16-58,  
 E-mail: office@ichesty.kolasc.net.ru  
 ОКПО 04694169, ИНН 3301300177, ОГРН 1025306508597

От 24.06.2016

№ 230

**СПРАВКА**

об использовании результатов диссертационного исследования  
 Халиуллиной Дарьи Николаевны на тему  
**«Математическое и программное обеспечение поддержки управления развитием малых  
 инновационных предприятий»**

Созданные в результате диссертационного исследования Халиуллиной Д.Н. метод и технология обработки данных, ориентированные на поддержку управления развитием малых инновационных предприятий, и реализующий разработанную технологию программный комплекс использовались Институтом химии и технологии редких элементов и минерального сырья (ИХТРЭМС) Кольского научного центра РАН для разработки и обоснования планов эффективного развития предприятия, реализующего инновационную технологию производства перламутрового пигмента. Оригинальная технология производства перламутрового пигмента разработана в ИХТРЭМС КНЦ РАН совместно с Горным институтом КНЦ РАН и защищена пятью патентами РФ.

С использованием результатов диссертационного исследования Халиуллиной Д.Н. решалась задача определения вариантов структурных преобразований предприятия в процессе создания экспериментального оборудования и последующего перехода к промышленному производству инновационной продукции. В качестве основных параметров задавались целевое значение капитализации предприятия и ограничения на объем инвестиций. В результате была определена траектория развития предприятия с наибольшей отдачей и соответствующий данной траектории график инвестирования во времени.

Использование результатов диссертационного исследования Халиуллиной Дарьи Николаевны позволило дополнить «технологическую» основу проекта производства перламутрового пигмента с заданными свойствами обоснованным вариантом плана развития инновационного предприятия по его производству.

Заместитель директора по научной работе,  
 д.т.н., чл.-корр. РАН



*Handwritten signature of A.I. Nikolaev*

А.И. Николаев

## СПРАВКА

об использовании результатов диссертационного исследования  
Халиуллиной Дарьи Николаевны на тему **"Математическое и программное обеспечение  
поддержки управления развитием малых инновационных предприятий"**

Результаты диссертационного исследования Халиуллиной Дарьи Николаевны на тему "Математическое и программное обеспечение поддержки управления развитием малых инновационных предприятий" были апробированы в рекламно-производственной компании "Новая реклама" (ИП Скоробогатченко О.Б.)

Разработанный в ходе диссертационного исследования Халиуллиной Д.Н. комплекс алгоритмов и программных средств целевой обработки данных и человеко-машинного интерфейса использовался для поиска рациональных вариантов изменения структуры и инвестиционной политики предприятия в связи со снижением потребительского спроса на производимую фирмой продукцию в период 2014-2015 гг.

Предоставляемый программным комплексом человеко-машинный интерфейс позволил в короткий срок сформировать набор имитационных моделей для различных вариантов развития предприятия и провести их сравнительный анализ. В итоге был выбран вариант, позволивший при минимальных инвестициях повысить рентабельность производства за счет создания группы по выпуску сувенирной продукции.

Применение результатов диссертационного исследования Халиуллиной Д.Н. при решении практических задач планирования развития компании "Новая реклама" в изменяющихся условиях рынка показало, что разработанные ею метод и технология обработки данных, а также реализующий эту технологию программный комплекс обеспечивают эффективную информационную поддержку управления развитием малого инновационного предприятия и позволяют находить рациональные варианты организационных решений, приводящих к достижению планируемых показателей функционирования фирмы.

Руководитель ИП

8 декабря 2015 г.



Скоробогатченко О.Б.