

**АВТОНОМНАЯ НЕКОММЕРЧЕСКАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ  
ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ИНСТИТУТ ВЫСОКИХ ТЕХНОЛОГИЙ»  
(АНОО ВО ВИВТ)**

**На правах рукописи**



**Бухольцев Иван Михайлович**

**УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ РАЗВИТИЯ  
СЛОЖНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СИСТЕМ НА  
ОСНОВЕ ОПТИМИЗАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ  
ИНВЕСТИЦИОННЫХ РЕСУРСОВ**

Специальность: 2.3.4. Управление в организационных системах

**Диссертация**

на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Научный руководитель:

д.т.н., доцент Рындин Никита Александрович

Воронеж – 2025

## Содержание

|                                                                                                                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВВЕДЕНИЕ .....                                                                                                                                                        | 4  |
| 1 ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ<br>ИНВЕСТИРОВАНИЕМ ПРОГРАММЫ РАЗВИТИЯ<br>СЛОЖНОСТРУКТУРИРОВАННОЙ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ .....                              | 11 |
| 1.1 Структура инвестирования и особенности управления развитием<br>сложноструктурированной организационной системы с применением<br>программно-целевого подхода ..... | 15 |
| 1.2 Возможности повышения эффективности управления за счет<br>прогнозирования динамики инвестиционного процесса по данным мониторинга<br>и экспертным оценкам .....   | 23 |
| 1.3 Возможности повышения эффективности управления за счет<br>оптимизационного моделирования балансировки и ребалансировки инвестиций<br>29                           |    |
| 1.4 Структура процесса управления инвестированием на основе<br>оптимизационного и прогностического моделирования .....                                                | 37 |
| Выводы первой главы .....                                                                                                                                             | 41 |
| 2 ОПТИМИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ БАЛАНСИРОВКИ<br>ИНВЕСТИЦИЙ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ПРОГРАММЫ РАЗВИТИЯ<br>СЛОЖНОСТРУКТУРИРОВАННОЙ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ .....            | 43 |
| 2.1 Формирование балансовых условий распределения инвестиций между<br>объектами организационной системы .....                                                         | 44 |
| 2.2 Оптимизация балансировки инвестиций по направлениям программы<br>развития .....                                                                                   | 47 |
| 2.3 Оптимизация балансировки инвестиций по временным периодам<br>горизонта планирования с использованием прогностического моделирования .                             | 51 |
| 2.4. Структура управления процессом балансировки инвестиций с<br>использованием оптимизационного и прогностического моделирования .....                               | 56 |
| Выводы второй главы .....                                                                                                                                             | 59 |
| 3 ОПТИМИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ РЕБАЛАНСИРОВКИ<br>ИНВЕСТИЦИЙ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ РАЗВИТИЯ<br>СЛОЖНОСТРУКТУРИРОВАННОЙ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ .....            | 60 |
| 3.1 Оптимизация ребалансировки назначения инвестиций по направлениям<br>программы развития .....                                                                      | 61 |
| 3.2 Оптимизация ребалансировки объемов инвестиций по направлениям<br>программы развития .....                                                                         | 65 |

|      |                                                                                                                                                          |     |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.3  | Оптимизация ребалансировки инвестиций по временным периодам программы развития с использованием прогностического моделирования .....                     | 73  |
| 3.4  | Структура управления процессом ребалансировки инвестиций с использованием оптимизационного и прогностического моделирования .....                        | 77  |
|      | Выводы третьей главы .....                                                                                                                               | 81  |
| 4    | ПРИМЕНЕНИЕ РАЗРАБОТАННЫХ МОДУЛЕЙ, АЛГОРИТМОВ И ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ В ПРАКТИКЕ УПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЕМ СЛОЖНОСТРУКТУРИРОВАННОЙ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ..... | 82  |
| 4.1. | Структура программных средств оптимизации балансировки и ребалансировки инвестиций .....                                                                 | 83  |
| 4.2  | Структура программы развития региональной сложноструктурированной организационной системы аграрного профиля.....                                         | 90  |
| 4.3  | Результаты применения в практике управления сложноструктурированной организационной системы аграрного профиля....                                        | 101 |
| 4.4  | Оценка эффективности применения разработанных средств при управлении инвестированием развития региональной системы аграрного профиля .....               | 105 |
|      | Выводы четвертой главы .....                                                                                                                             | 109 |
|      | ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....                                                                                                                                         | 110 |
|      | СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....                                                                                                                    | 113 |

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы.** На современном этапе управление развитием организационных систем осуществляется с использованием программно-целевого подхода. На его основе процесс принятия управленческих решений направлен на формирование программы развития организационных систем разной сложности: автономных, сетевых, отраслевых, региональных. Большинство из них являются сложноструктурированными, базирующимися на взаимодействии управляющего центра и отдельных объектов. При этом главное внимание уделяется распределению инвестиционного ресурса между объектами системы с учетом интегрального объема инвестиций и уровня показателей эффективности развития, определяемых управляющим центром.

С целью повышения эффективности программно-целевого подхода разработан ряд методов моделирования и оптимизации процесса распределения инвестиций при формировании программы развития сложноструктурированной организационной системы, нашедших отражение в работах отечественных ученых Д. И. Батищева, С. А. Баркалова, А. М. Бершадского, В. Н. Буркова, Я. Е. Львовича, Д. А. Новикова, М. Х. Прилуцкого, Ю. С. Сахарова, Т. Е. Смоленцевой, Т. А. Угольницкого, А. В. Щепкина, М. В. Щербакова.

Однако, в этих работах не учитывается ряд особенностей управления развитием сложноструктурированных организационных систем на основе программно-целевого подхода:

1. Системные связи процессов формирования и реализации программы развития при балансировке и ребалансировке инвестиций;
2. Необходимость интеграции оптимизационного и прогностического моделирования на основе результатов мониторинга и экспертного оценивания для повышения эффективности принимаемых управленческих решений;
3. Роль балансовых условий в построении единой системы принятия управленческих решений с использованием оптимизационного и прогностического моделирования.

Таким образом, актуальность темы диссертации определяется необходимостью разработки моделей и алгоритмов оптимизации инвестирования объектов сложноструктурированных организационных систем, учитывающих особенности балансировки и ребалансировки инвестиций при формировании и реализации программы развития с заданным горизонтом планирования.

Тематика диссертационной работы соответствует научному направлению АНОО ВО «Воронежский институт высоких технологий» «Управление в организационных системах».

**Целью работы** является повышение эффективности управления инвестированием сложноструктурированных организационных систем с использованием оптимизационного и прогностического моделирования для принятия управленческих решений при формировании и реализации программы развития.

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

1. Проанализировать пути повышения эффективности управления сложноструктурированными организационными системами в рамках программы развития и сформировать структуру системы принятия управленческих решений при ее формировании и реализации;
2. Разработать оптимизационные и прогностические модели и алгоритмы принятия управленческих решений по балансировке инвестиций при формировании программы развития сложноструктурированных организационных систем;
3. Разработать оптимизационные и прогностические модели и алгоритмы принятия управленческих решений по ребалансировке инвестиций при реализации программы развития сложноструктурированных организационных систем;
4. Оценить эффективность применения разработанных моделей, алгоритмов и программных средств в практике управления инвестированием программы развития региональной организационной системы аграрного профиля.

**Объект исследования:** процесс управления инвестированием сложноструктурированных организационных систем на основе программы развития.

**Предмет исследования:** модели и алгоритмы принятия управленческих решений при формировании и реализации программы развития.

**Методы исследования.** Для решения поставленных задач использовались основные положения теории управления в организационных системах, исследования операций, дискретной и многокритериальной оптимизации, прогностического моделирования и экспертного оценивания.

**Тематика работы** соответствует следующим пунктам паспорта специальности 2.3.4 «Управление в организационных системах»: п.2 «Разработка математических моделей и критериев эффективности, качества и надёжности организационных систем»; п.4 «Разработка информационного и программного обеспечения систем управления и механизмов принятия решений в организационных системах»; п.5 «Разработка методов получения данных и идентификации моделей, прогнозирования и управления организационными системами на основе ретроспективной, текущей и экспертной информации».

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

1. Структура процесса управления формированием и реализацией программы развития сложноструктурированной организационной системой, отличающаяся интеграцией экспертного решения с результатами прогностического моделирования и оптимизации процессов балансировки и ребалансировки инвестиций и обеспечивающая выполнение требований управляющего центра к показателям эффективности деятельности объектов;

2. Оптимизационные модели и алгоритмы принятия управленческих решений при формировании программы развития сложноструктурированной организационной системы, отличающиеся видом зависимостей экстремальных и граничных от оптимизируемых переменных и их учетом при поиске эффективного распределения инвестиций между объектами и временными периодами и обеспечивающие выполнение балансовых условий;

3. Модель и алгоритм принятия управленческого решения при ребалансировке инвестиций по направлениям программы развития, отличающиеся формой использования сравнительного анализа ранговых рядов объемов упущенной выгоды в процессе оптимизации и обеспечивающие включение новых объектов для дополнительного инвестирования;

4. Оптимизационные модели и алгоритмы принятия управленческих решений при ребалансировке объемов инвестиций для объектов организационной системы и их распределения между временными периодами, отличающиеся этапностью использования прогностического моделирования в процессе многокритериального и многовариантного выбора и обеспечивающие восстановление выполнения балансовых условий и достижение заданного уровня показателей эффективности.

**Теоретическая значимость исследования** заключается в развитии моделей и алгоритмов принятия управленческих решений по распределению ресурсного обеспечения в организационных системах за счет их проблемной ориентации на процессы балансировки и ребалансировки инвестиций при формировании и реализации программы развития.

**Практическая значимость исследования** заключается в:

1. Возможности применения разработанной структуры процесса управления сложноструктурированной организационной системой с учетом этапности принятия управленческих решений на основе оптимизационных и прогностических моделей;

2. Использовании разработанных оптимизационных моделей и алгоритмов инвестирования при реализации программы развития

сложноструктурированной региональной организационной системы аграрного профиля;

3. Применении разработанных программных средств, сопряженных с информационной системой мониторинга реализации программы развития, в практике управления инвестированием организационных систем.

### **Положения, выносимые на защиту**

1. Структура процесса управления формированием и реализацией программы развития сложноструктурированной организационной системы позволяют интегрировать экспертные решения с результатами прогностического моделирования и оптимизации использования инвестиций для выполнения требований управляющего центра к эффективности деятельности объектов

2. Оптимизационные модели и алгоритмы принятия управленческих решений при формировании программы развития сложноструктурированной организационной системы позволяют обеспечить выполнение балансовых условий за счет их учета при формализации экстремальных и граничных требований и поиске эффективного распределения инвестиций

3. Модель и алгоритм принятия управленческого решения при ребалансировке инвестиций по направлениям программы развития позволяет оптимизировать множество объектов для дополнительного инвестирования на основе сравнительного анализа ранговых рядов объемов упущенной выгоды

4. Оптимизационные модели и алгоритмы принятия управленческих решений при ребалансировке объемов инвестиций для объектов организационной системы и их распределения между временными периодами позволяют восстановить выполнение балансовых условий и достигнуть заданного уровня показателей эффективности в процессе многокритериального и многовариантного выбора с учетом результатов прогностического моделирования.

### **Результаты внедрения.**

Основные результаты работы Основные результаты внедрены в ООО «Центр информационных технологий» (г. Воронеж) для оптимизации распределения бюджета на сопровождение и развитие предприятий агропромышленного профиля, в ООО «Логус-агро» (г. Воронеж) для повышения эффективности распределения ресурсов, в учебный процесс Воронежского института высоких технологий в рамках дисциплин «Теория оптимизации и принятия решений в автоматизированных системах» и «Технологии инноваций».

Разработанная информационная система по распределению инвестиционных средств в организационных системах используется в качестве учебной Web-ориентированной системы для научно-исследовательской и проектной деятельности студентов этого направления.

### **Апробация работы.**

Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на следующих конференциях: VII Международной НПК «Наука и технологии: перспективы развития и применения» (Петрозаводск, 2024); VI Всероссийской НПК «Информационные технологии в экономике и управлении» (Махачкала, 2024); XXX International Open Science Conference «Modern informatization problems in the technological and telecommunication systems analysis and synthesis» (Yelm, WA, USA, 2025), а также на научных конференциях ВИБТ (2019-2025 гг.).

**Публикации.** По результатам диссертационного исследования опубликовано 11 научных работ (8 – без соавторов), в том числе 4 – в изданиях, рекомендованных ВАК РФ (из них 1 свидетельство о регистрации программы для ЭВМ).

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 82 наименований. Работа изложена на 122 страницах основного текста.

### **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**В первой главе** исследуются пути и методы повышения эффективности управления инвестиционным процессом развития сложноструктурированных организационных систем (СОС). Рассмотрены основные особенности при управлении таковыми системами. Описано применение программно-целевого подхода для инвестирования средств и управления развитием системы, тщательно изучены и проработаны все основные шаги подхода, в том числе его влияние на эффективность управления процессом инвестирования.

Отдельно рассматриваются такие методы по повышению эффективности управления СОС, как прогнозирование динамики инвестиционного процесса по данным мониторинга и экспертным оценкам, использование балансировки и ребалансировки для более оптимального распределения инвестиционного ресурса.

Сформулирована цель и задачи исследования.

**Вторая глава** посвящена оптимизации и построению моделей для управления инвестиционным процессом и балансировки при формировании программы развития.

По изученным ранее методам, формируем оптимизационную модель управления процессом балансировки инвестиций. Распределение интегрального объема ресурсного обеспечения между направлениями программы развития, назначения направлений развития объектам, распределение назначенных объемов на мероприятия по достижению запланированного уровня показателей эффективности, распределения объемов инвестиций по временным периодам реализации программы.

Этап назначения инвестиций объектам по направлениям программы развития с последующим распределением на обеспечение запланированного уровня показателей эффективности реализуется с использованием оптимизационной модели линейного булевого программирования. Эффективность этой модели существенным образом зависит от соотношения коэффициентов значимости инвестиций по определенному направлению для каждого объекта. Поэтому определение этих коэффициентов целесообразно проводить с использованием экспертных оценок многотермовых лингвистических переменных.

Принятие управленческих решений при распределении инвестиций по временным периодам требует в первую очередь построения адекватной прогностической модели. Из множества методов прогнозирования на основе ретроспективных статистических выборок необходимо выбрать наиболее подходящий по целому набору показателей. Возможность определения прогностических оценок значений показателей эффективности позволяет сформировать оптимизационную модель, включающую распределение инвестиционного ресурса на все временные периоды горизонта планирования.

Интеграция результатов экспертного оценивания и оптимизационного моделирования дает возможность организовать принятие управленческих решений при балансировке инвестиций на основе балансовых условий в рамках единой структурной схемы.

**Третья глава** посвящена оптимизации и построению моделей для управления инвестиционным процессом и ребалансировке при реализации программы развития.

В процессе реализации программы развития сложноструктурированной организационной системы возникают ситуации, когда для ряда объектов в заданные временные периоды показывают наличие отклонений реальных объемов инвестиций и значений показателей эффективности от запланированного уровня, рассчитанного в процессе балансировки инвестиций на основе оптимизационных моделей, которые разработаны и рассмотрены в п.2. Возникает необходимость корректировки выполнения программы развития на последующие временные периоды, что приводит к ребалансировке инвестиций. Процесс ребалансировки целесообразно осуществлять с использованием оптимизационных моделей.

В первую очередь по отклонениям объемов инвестиций от запланированных реализуется ребалансировка назначения инвестиций объектам по направлениям программы путем коррекции множества объектов, инвестируемых по определенному направлению. При этом значимость инвестиционного ресурса для конкретного объекта зависит от ранговой последовательности по величине упущенной выгоды.

Для скорректированного множества объектов необходимо провести ребалансировку объемов инвестиций, исходя из выделения максимального дополнительного ресурса. Такое требование приводит к многокритериальной

оптимизационной задаче. При этом возможны несколько вариантов оптимального решения с учетом различных преобразований оптимизационной модели. Окончательный вариант выбирается с привлечением экспертных оценок.

Ребалансировка инвестиций по временным периодам осуществляется при выявлении отклонения реальных значений по данным мониторинга показателей эффективности развития объекта организационной системы от оптимизированного в процессе ребалансировки. Приемлемо определять отклонение либо в заданный период наблюдения, либо при превышении заданного порога. В обоих случаях корректируется распределение инвестиций по временным периодам с использованием прогностической модели и минимизации отклонений.

Разработанные оптимизационные модели и алгоритмы являются основой принятия решений управляющим центром сложноструктурированной организационной системы при реализации программы развития с учетом результатов периодического мониторинга.

**В четвертой главе** представлено использование разработанных ранее моделей для внедрения их в процесс оптимизации и распределения инвестиционных средств на примере программы развития региональной сложноструктурированной организационной системы аграрного профиля.

Разработка программных средств позволяет перейти к их использованию в практике управления реальными СОС. Одним из классов сложноструктурированных организационных систем являются региональные организационные системы аграрного профиля. Для них характерно повышение эффективности деятельности за счет инвестирования в рамках долгосрочных программ развития по целому ряду направлений. При этом инвестирование по направлению рассматривается как отдельный проект, взаимодействующий с другими проектами для обеспечения заданных управляющим центром целей и требований к программе развития в целом.

На основе исследованных методов сформировано три основных программных модуля, распределяющих между собой функционал нескольких построенных ранее моделей для прогнозирования и оптимизации распределения и ребалансировки инвестиционных средств применительно к региональной программе развития сельского хозяйства.

# **1 ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ИНВЕСТИРОВАНИЕМ ПРОГРАММЫ РАЗВИТИЯ СЛОЖНОСТРУКТУРИРОВАННОЙ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ**

В современных условиях развития экономики все большее значение приобретает эффективное управление инвестированием программы развития сложноструктурированной организационной системы (СОС). Инвестиции являются одним из ключевых источников финансирования для развития организаций. Однако, часто возникают ситуации, когда инвестиции не приносят ожидаемую прибыль или не используются наиболее эффективным образом. В связи с этим, существует актуальная задача поиска возможностей повышения эффективности управления процессом инвестирования.

Одним из ключевых факторов, оказывающих существенное влияние на эффективность управления инвестиционным процессом, является правильное и грамотное планирование и распределение инвестиций. Определение приоритетных направлений развития организации и обоснование целесообразности инвестиций в эти направления являются неотъемлемой частью данного процесса. Для достижения указанных целей необходимо воспользоваться различными методами анализа, такими как SWOT-анализ, анализ потенциала и рисков, что позволит более полно и объективно оценить ситуацию на рынке и принять обоснованные решения. Кроме того, важным аспектом является учет финансовых возможностей организации и постановка реалистичных целей, которые будут достигнуты в результате правильного управления инвестициями.

Еще одним фактором, оказывающим значительное влияние на эффективность процесса инвестирования, является компетентность и опытность управленческого персонала, которые способны принимать обоснованные решения и осуществлять контроль за инвестиционными проектами, обеспечивая их успешную реализацию.

Руководители и специалисты, занимающиеся управлением инвестициями, должны обладать как теоретическими знаниями в этой области, так и практическими навыками, необходимыми для принятия финансовых решений.

Однако, организациям также необходимо предоставлять возможности для обучения и повышения квалификации своих сотрудников, а также для привлечения внешних консультантов и экспертов, которые смогут провести аудиты и оценить эффективность инвестиций.

Важным аспектом, способствующим повышению эффективности управления инвестициями, является обеспечение прозрачности и контроля над их использованием. Для этого необходимо разработать систему мониторинга и оценки результатов, а также установить соответствующие механизмы контроля и управления.

Такие меры позволят обеспечить эффективное управление инвестициями, а также подтвердить и закрепить успешные результаты использования этих средств.

Это предоставит возможность быстрого выявления неэффективных проектов и корректировки инвестиционной стратегии организации. Кроме того, важно создать условия для открытого обмена информацией и коммуникации между различными уровнями управления и заинтересованными сторонами.

В целях повышения эффективности управления инвестированием можно рассмотреть несколько путей.

Во-первых, необходимо установить четкие цели и задачи программы развития. Это позволит определить необходимые инвестиции и ресурсы, а также разработать план действий и мероприятий. Четкость целей и задач поможет сосредоточить усилия на достижении конкретных результатов и избежать потери ресурсов на непродуктивные проекты.

В настоящей работе представлено исследование, направленное на повышение эффективности управления инвестициями программы развития сложноструктурированной организационной системы, проведен тщательный анализ рисков и возможностей, связанных с инвестиционными вложениями. Учитывая, что инвестирование всегда сопряжено с определенным уровнем риска, особое внимание уделено оценке вероятности возникновения негативных событий. В результате проанализированы и разработаны стратегии и меры предотвращения негативных последствий.

Во-вторых, осуществлен анализ возможностей для получения дополнительных доходов и снижения затрат. Это позволило оптимизировать использование инвестиций и повысить их эффективность в рамках программ развития организационной системы.

Еще один способ повышения эффективности управления инвестициями связан с выбором оптимальных инструментов и методов финансирования. В ходе исследования проанализированы и выбраны наиболее эффективные инструменты и методы финансирования, соответствующие целям программ развития и организационной системы в целом.

Таким образом, представленное исследование рассматривает различные возможности по повышению эффективности управления инвестициями сложноструктурированных организационных системах. Результаты данного исследования могут быть использованы для оптимизации процесса инвестирования и достижения более высокой эффективности в управлении активами.

Различные программы развития требуют разных подходов и инструментов финансирования, которые возможно использовать для инвестиций в научно-исследовательские проекты, развития производственных мощностей и других целей. В данном контексте, гранты и субсидии могут быть использованы для финансирования научно-исследовательских проектов, в то время как кредиты и приватные инвестиции могут быть привлечены для развития производственных мощностей.

Следует отметить, что правильный выбор инструментов финансирования имеет большое значение, поскольку это может способствовать снижению затрат на привлечение капитала и увеличению доходности инвестиций. Оптимальная комбинация различных источников финансирования может обеспечить устойчивость и рост программы развития.

В заключение, повышение эффективности управления инвестированием программы развития сложноструктурированной организационной системы является важной задачей для успешного развития инвестора. Это требует

комплексного подхода, адекватного планирования и анализа, а также умения принимать рациональные решения по выбору оптимальных инструментов финансирования. Осуществление этих мер позволит эффективно использовать капитал и достичь поставленных целей развития.

Четкое определение целей, детальный анализ рисков и возможностей, а также обдуманный выбор механизмов финансирования позволят эффективно оптимизировать использование инвестиций и достигнуть конкретных результатов. Этот подход способствует эффективному развитию организации и укреплению ее позиций на рынке.

### **1.1 Структура инвестирования и особенности управления развитием сложноструктурированной организационной системы с применением программно-целевого подхода**

Организационные системы – совокупность объектов, однородных по видам основной деятельности и объединенных управляющим центром системы для выполнения заданных целей [52].

В сложноструктурированных организационных системах (СОС) объединены в организационное целое множество объектов с однородными видами деятельности. Целенаправленность взаимодействия объектов обеспечивает управляющий центр [52].

Инвестиции – вложения в создание нового или возмещение изношенного произведенного, человеческого или природного капитала. Инвестиции подразделяются на фиксированные инвестиции и инвестиции в товарно-материальные запасы. Различают финансовые и реальные инвестиции [68] [73].

Финансовые инвестиции включают покупку ценных бумаг, таких как акции или облигации. Реальные инвестиции, с другой стороны, представляют собой вложения капитала в различные отрасли, такие как промышленность, сельское хозяйство, строительство, образование и другие.

В работе рассматриваются реальные инвестиции, обеспечивающие выполнение программы развития СОС при горизонте планирования, заданном на множестве временных периодов  $t = \overline{1, T}$ . В этом случае инвестиционный процесс представим в виде структурной схемы (Рисунок 1.1 – Структурная схема процесса инвестиций СОС). На схеме объекты  $O_i, i = \overline{1, I}$  являются объектами инвестиций, а управление объемом инвестиций  $C_i, i = \overline{1, I}$  при интегральном объеме  $C$  осуществляется управляющим центром в зависимости от результативности их воздействия на развитие объектов в соответствии с заданным множеством показателей  $y_j, j = \overline{1, J}$  и требований к росту этих показателей до уровня  $y_j^0, j = \overline{1, J}$ . Взаимодействие участников процесса инвестиций реализуется в рамках программно-целевого подхода [4].

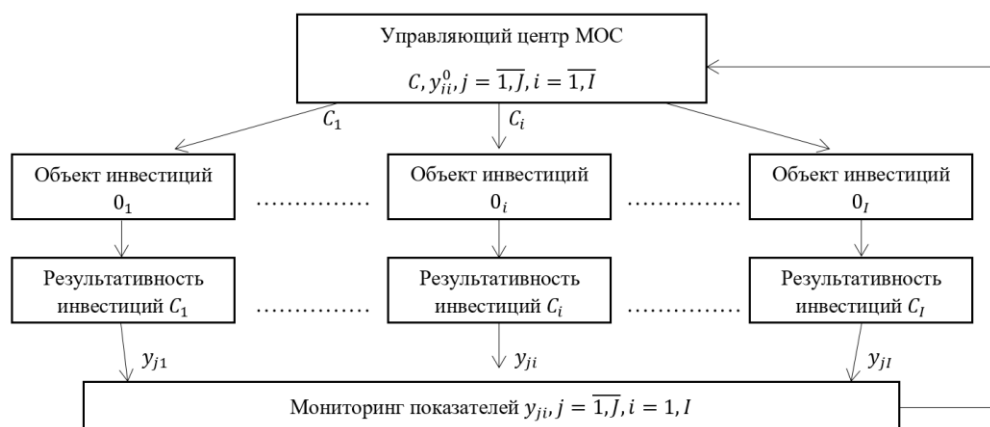


Рисунок 1.1 – Структурная схема процесса инвестиций СОС

Приведенная структурная схема определяет ряд особенностей процесса инвестиций, которые влияют на управление развитием СОС. Рассмотрим более подробно эти особенности:

1. Многоэтапность применения программно-целевого подхода при формировании программы развития СОС.

Предлагается применить программно-целевой подход [4], который позволяет определить конкретные цели и задачи инвестирования и направить капитал и ресурсы на их достижение. Это важно для эффективного и устойчивого развития организации.

Структура инвестирования представляет собой циклический процесс финансирования различных проектов, который повторяется в определенные моменты времени. Этот процесс включает в себя взаимодействие между его участниками и окружающей средой инвестирования, в которой осуществляется их деятельность.

Понятие инвестиционного процесса является уникальным и включает в себя заключение сделок между инвесторами и объектами инвестирования с целью получения доходов в долгосрочной перспективе. Основными участниками инвестиционного процесса являются инвесторы, которые вкладывают свои средства в различные активы, и объекты инвестирования, которые предоставляют возможность получения доходов. Успех инвестиционного процесса зависит от различных факторов, таких как анализ рисков, распределение портфеля и выбор

оптимальной стратегии инвестирования.

Отправной точкой инвестиционного процесса является исследование рынка и выявление потенциальных возможностей для инвестирования.

После этого инвесторы принимают решение о вложении средств в определенные активы на основе своих инвестиционных целей и рискованных предпочтений.

Затем осуществляется контроль и оценка эффективности инвестиций, что позволяет инвесторам корректировать свои стратегии и принимать обоснованные решения.

Важным аспектом инвестиционного процесса является также диверсификация портфеля [24], то есть распределение инвестиций между различными активами с целью снижения риска и повышения доходности. Таким образом, инвестиционный процесс представляет собой сложную систему взаимосвязанных этапов и действий, которые направлены на достижение определенных финансовых целей и получение доходов от инвестиций.

Целенаправленная деятельность в современной ситуации строится на создании благоприятной атмосферы и условий для получения финансирования. Инвестиционный процесс, в свою очередь, начинается с предоставления инвестором личных денежных средств для реализации конкретной программы и установления связи [56]. Однако, помимо этого, необходимо также рассмотреть программно-целевой подход, который играет значительную роль в этом процессе.

Дополнительно стоит рассмотреть, что же подразумевается под программно-целевым подходом.

Программно-целевой подход, в общем смысле, подразумевает последовательное принятие решений и проведение работ по всему циклу разработки комплексной проблемы. Это означает, что при реализации инвестиционной программы необходимо учитывать все этапы ее разработки и принимать соответствующие меры для достижения поставленных целей.

Основные этапы при использовании данного подхода:

1. Определение целей (задач);

2. Разработка мероприятий;
  3. Обеспечение ресурсами;
  4. Установление исполнителей;
  5. Оценка эффекта или полезного результата [4].
2. Влияние системных связей стадий формирования и реализации программы развития на эффективное управление инвестированием.

Программа развития СОС характеризуется двумя стадиями: формирование и реализация. На стадии формирования выполняются все пять этапов программно-целевого подхода, перечисленных выше. На каждом из этих этапов необходимо принимать решения в условиях неопределенности и рисков.

Программно-целевой подход позволяет компаниям учесть эти условия при принятии инвестиционных решений, проводить анализ различных сценариев и выбирать оптимальную стратегию действий. Это особенно важно в условиях быстро меняющейся экономической ситуации, когда компании должны быть готовы к любым изменениям на рынке.

На стадии формирования управляющий центр СОС, определяя цели (этап 1), одновременно указывает показатели эффективности и требования к ним  $y_{ji}^0, j = \overline{1, J}, i = \overline{1, I}$  (Рисунок 1.1 – Структурная схема процесса инвестиций СОС), что соответствует выполнению этапа 5. Этап 2 позволяет установить множество мероприятий, характеризующих  $n = \overline{1, N}$  направлений развития СОС.

Важную роль играют этапы 3, 4 поскольку именно на этих этапах осуществляется распределение инвестиционного ресурса между объектами (исполнителями).

На стадии реализации обеспечивается выполнение количественных характеристик, определенных управляющим центром. Однако, условия неопределенности и риски приводят к отклонениям от этих характеристик и требуется их коррекция. Поэтому важно учитывать системные связи между плановыми заданиями на стадии формирования и фактическим выполнением на стадии реализации в течение установленных временных периодов. Системные

связи влияют на необходимость использования экспертного анализа и оптимизации при распределении направлений программы развития между объектами и установлении объемов инвестиций (Рисунок 1.1 – Структурная схема процесса инвестиций СОС).

### 3. Необходимость ориентации на результат мониторинга на стадии реализации программы развития.

Главное преимущество программно-целевого подхода состоит в том, что он позволяет систематизировать и структурировать инвестиционный процесс. Благодаря четкому определению целей, каждый этап инвестирования выполняется согласно заранее разработанным планам и стратегиям. Это помогает избежать случайных ошибок и повысить вероятность успешной реализации проектов.

Еще одним преимуществом программно-целевого подхода является возможность оперативного контроля за ходом инвестиционного процесса. Благодаря использованию специализированных программных решений, можно осуществлять мониторинг выполнения поставленных задач, анализировать текущую ситуацию на финансовых рынках и принимать своевременные корректирующие меры.

### 4. Ориентация на балансовые условия инвестирования.

Выше указывалось на формирование управляющим центром СОС количественных характеристик программы развития. Ядром этих характеристик являются:

- интегральный объем инвестирования мероприятий программы развития-С;
- перечень направлений инвестирования, характеризующийся нумерационным множеством  $n = \overline{1, N}$ ;
- требования к достижению определенных показателей эффективности деятельности каждого объекта  $y_{ji}^0, j = \overline{1, J}, i = \overline{1, I}$ ;
- временные периоды, в течение которых выполняется программа развития, характеризующиеся нумерационным множеством  $t = \overline{1, T}$ .

Необходимо сбалансировать потребности в инвестиционном ресурсе с перечисленными характеристиками. С этой целью формулируются балансовые условия. Обеспечение выполнения балансовых условий на стадии формирования программы развития предлагается рассматривать как процесс балансировки инвестиций. Нарушение балансовых условий на стадии реализации программы развития приводит к необходимости корректировки распределения инвестиционного ресурса. Этот процесс предлагается рассматривать как процесс ребалансировки инвестиций.

#### 5. Возможность использования динамических характеристик реализации программы развития для ребалансировки инвестиций.

Мониторинг процесса инвестирования программы развития СОС позволяет фиксировать динамику изменения и формировать временные ряды следующих характеристик в определенные периоды горизонта планирования  $t = \overline{1, T}$ :

- объем инвестиций, освоенный  $i$ -м объектом по  $n$ -му направлению -  $C_{in}(t)$ ;
- объемы инвестиций, освоенные  $i$ -м объектом по  $n$ -му направлению, позволяющие реализовать мероприятия, которые обеспечивают развитие по  $j$ -му показателю эффективности  $C_{inj}(t)$ ;
- значения показателей эффективности реализации программы развития для  $i$ -го объекта по  $n$ -му направлению -  $y_{jin}(t)$ .

Фактические значения  $C_{in}(t)$ ,  $C_{inj}(t)$ ,  $y_{jin}(t)$  в период времени  $t = \tau$  в условиях неопределенностей и рисков реализации программы развития не соответствуют плановым  $C_{in}^0(t)$ ,  $C_{inj}^0(t)$ ,  $y_{jin}^0(t)$ . Как уже указывалось в этом случае осуществляют ребалансировку инвестиций, то есть на период  $t = \overline{\tau + 1, T}$  определяют новые плановые значения перечисленных характеристик. В этом случае временные ряды  $C_{in}(t)$ ,  $C_{inj}(t)$ ,  $y_{jin}(t)$  за временные периоды  $t = \overline{1, \tau}$  представляют собой исходные данные для прогностического моделирования. Именно прогностическое моделирование дает возможность организовать процесс ребалансировки инвестиций.

## 6. Влияние на эффективность управления процессом инвестирования программной среды поддержки принятия решений управляющим центром СОС.

Принятие управленческих решений при инвестировании программы развития СОС прежде всего опирается на процедуры компьютерных совещаний с экспертами на основе оценивания ими предполагаемых вариантов решений. Для поддержки экспертных мнений на стадиях формирования и реализации программы развития следует ориентироваться на результаты прогностического моделирования с использованием временных рядов, отражающих динамику изменения характеристик процесса инвестирования. Процессы балансировки и ребалансировки инвестиций основаны на выборе наилучшего варианта управленческого решения, то есть оптимизационном моделировании. Программная среда управления разрабатывается таким образом, чтобы интегрировать процедуры экспертного оценивания, прогностического и оптимизационного моделирования в едином цикле принятия решений. Поэтому выбор реализаций отдельных процедур существенно влияет на эффективность управления процессом инвестирования программы развития СОС.

Программное обеспечение играет важную роль в оптимизации управления инвестиционным процессом. С его помощью можно проводить автоматический анализ финансовых данных, создавать модели для прогнозирования изменений на рынке, разрабатывать и тестировать стратегии инвестирования. Кроме того, программное обеспечение может предоставлять инвестору информацию о текущем состоянии портфеля, рекомендации по его оптимизации и возможности для диверсификации рисков.

Оптимизация управления инвестиционным процессом на основе программно-целевого подхода является важным инструментом для достижения финансовых целей.

Программно-целевой подход в управлении инвестиционным процессом является эффективным инструментом оптимизации и повышения эффективности управления инвестициями. Основные принципы данного подхода заключаются в

определении целей и задач, разработке программных решений для их достижения, а также контроле и анализе результатов.

Одним из наиболее эффективных методов оптимизации управления инвестиционным процессом с использованием программно-целевого подхода является применение математических моделей и алгоритмов оптимизации.

Математические модели позволяют формализовать задачу управления инвестиционным процессом, учитывая различные факторы, которые оказывают влияние на принятие решения. Программно-целевой подход основан на определении четких и конкретных целей, которые необходимо достичь при учете определенных ограничений.

Алгоритмы оптимизации предоставляют возможность нахождения оптимального решения задачи управления инвестиционным процессом, которое соответствует поставленным целям. Эти цели могут быть связаны с максимизацией прибыли, минимизацией рисков или достижением баланса между доходностью и рисками. Путем применения математических моделей и алгоритмов оптимизации в рамках программно-целевого подхода, можно достичь более эффективного и точного управления инвестиционным процессом.

Отдельно стоит упомянуть возможность программной реализации данного подхода с использованием математической модели в основе для построений прогнозов. Целью данной программы является предоставление возможности автоматического принятия решений на основе заранее определенных параметров и критериев. Она позволяет установить приоритеты и оптимизировать распределение инвестиционных ресурсов в соответствии с заданными целями.

## **1.2 Возможности повышения эффективности управления за счет прогнозирования динамики инвестиционного процесса по данным мониторинга и экспертным оценкам**

Для прогнозирования динамики инвестиционного процесса используются различные инструменты и методы. Одним из способов оценки является построение прогностических моделей, учитывающих зависимость показателей эффективности развития от величины инвестиций и времени. Часть из них формируется на основе ретроспективной мониторинговой информации с использованием нейросетевого моделирования, другая часть – на основе экспертных оценок.

Прогнозирование динамики инвестиций является сложным процессом, требующим анализа огромного объема данных и использования специализированных методов и моделей. Однако, благодаря развитию информационных технологий и появлению новых методик анализа данных, возможности повышения эффективности управления за счет прогнозирования стали значительно шире.

Рассмотрим основные принципы данного процесса, а также проанализируем некоторые успешные кейсы использования прогнозирования для управления инвестициями и выясним, какие факторы могут повлиять на достижение оптимальных результатов. Далее мы обсудим проблемы и ограничения данной практики и рекомендации по ее эффективному применению.

Прогнозирование динамики инвестиций является важным инструментом для повышения эффективности управления. Оно позволяет предсказать будущую тенденцию изменения инвестиций, что помогает принимать осознанные решения, оптимизировать расходы и максимизировать доходы.

Для прогнозирования используются различные методы и модели, такие как временные ряды, эконометрические модели, машинное обучение и другие. В основе этих методов лежат статистические данные о прошлых изменениях инвестиций, а также факторы, которые могут повлиять на них в будущем.

Процесс прогнозирования позволяет выявить тренды и цикличность изменений, а также оценить вероятность различных сценариев развития событий.

Это помогает управленцам принимать правильные решения по распределению ресурсов и выбору стратегий развития компании или портфеля инвестиций.

Однако необходимо отметить, что прогнозирование динамики инвестиций имеет свои ограничения. Например, оно основывается на предположении стабильности факторов, влияющих на инвестиции, что может не всегда соблюдаться в реальной жизни. Кроме того, прогнозирование не может учесть все возможные изменения и неопределенности, которые могут повлиять на инвестиции.

Прогнозные методы играют важную роль в повышении эффективности управления. Одним из таких методов является анализ временных рядов, который позволяет выявить тренды и циклы изменения инвестиций и спрогнозировать их будущую динамику.

Другим является эконометрическое моделирование, которое использует статистические методы для оценки взаимосвязей между инвестициями и другими факторами, такими как экономический рост или политическая ситуация.

Также существуют методы машинного обучения, которые позволяют автоматизировать процесс прогнозирования на основе больших объемов данных. Применение этих методов в управлении позволяет более точно определить оптимальные стратегии инвестирования и принять обоснованные решения по распределению ресурсов. В результате повышается эффективность управления за счет уменьшения неопределенности и минимизации рисков при принятии решений по инвестированию.

Прогнозирование динамики инвестиционного процесса является важным инструментом для повышения эффективности управления. Оно позволяет оценить будущие тенденции и принять рациональные решения по распределению ресурсов.

Во-первых, прогнозирование помогает определить потенциальную доходность инвестиций. Анализ прошлых данных и использование статистических моделей позволяют предсказать вероятные изменения цен на активы, рост или спад рынка. Это помогает выявить перспективные объекты для инвестирования и снизить возможный риск потерь.

Во-вторых, оно позволяет более эффективно планировать бюджет и ресурсы. Зная ожидаемый объем инвестиций, компания может разработать оптимальный финансовый план и распределить средства между различными проектами или областями бизнеса. Это способствует экономии времени и сил на непродуктивных операциях.

Кроме того, прогнозирование динамики инвестиций помогает управляющим оценивать эффективность своих решений. Сравнение фактических результатов с прогнозами позволяет выявить ошибки и недочеты в управлении, а также корректировать стратегию.

Анализ рисков и возможностей является важным инструментом для повышения эффективности управления. Риск является неотъемлемой частью любого инвестиционного процесса, и его анализ позволяет определить потенциальные угрозы и предпринять соответствующие меры для их снижения или предотвращения.

Прогнозирование позволяет оценить будущие изменения в активности рынка, что помогает принимать более обоснованные решения по распределению капитала. Существует несколько методов прогнозирования инвестиций, таких как статистические модели, экспертные оценки и использование фундаментальных данных. Каждый из них имеет свои преимущества и ограничения, поэтому комбинация различных подходов может быть наиболее эффективной.

Процесс прогнозирования динамики инвестиционных вложений является важным инструментом для повышения эффективности управления.

Первое, что необходимо учитывать при использовании прогнозирования инвестиций – это надежность и точность данных, на основе которых строятся прогнозы. Для этого рекомендуется использовать актуальные и достоверные данные о состоянии рынка, финансовых показателях и тенденциях развития отрасли.

Второй важный аспект – выбор подходящих методов прогнозирования. Существует множество различных методик прогнозирования, от статистических моделей до экспертных оценок. Лучшим выбором будут методы, которые наиболее

точно отражают специфику инвестиционной деятельности и обеспечивают высокую степень предсказательной силы.

Третий аспект связан с периодичностью обновления прогнозов. Инвестиционная динамика может меняться со временем, поэтому необходимо регулярно обновлять прогнозы и адаптировать стратегию управления с учетом новых данных.

Использование данных мониторинга и экспертных оценок является одним из ключевых инструментов для повышения эффективности управления динамикой инвестиций.

Мониторинг представляет собой систематическое сбор и анализ данных о состоянии рынка, экономической ситуации, финансовых показателях и других факторах, влияющих на инвестиции. Он осуществляется с помощью различных источников информации, таких как финансовые отчеты, аналитические отчеты, новостные и информационные ресурсы. Использование данных мониторинга позволяет проанализировать текущую ситуацию на рынке и выявить тенденции, которые могут повлиять на инвестиционный процесс. Например, анализ финансовых отчетов компаний может показать их финансовую устойчивость и перспективы развития, что поможет инвесторам определить, стоит ли вложить средства в акции или облигации этих компаний.

Другим примером использования данных мониторинга является анализ рыночных трендов и прогнозирование их дальнейшей динамики. Например, анализ данных мониторинга может показать, что рынок недвижимости находится в стадии активного развития, что может свидетельствовать о возможности роста цен на недвижимость и, следовательно, являться хорошей возможностью для инвестиций.

Однако, для эффективного использования данных мониторинга необходимо обладать навыками и компетенциями в области анализа данных и их интерпретации. Необходимо уметь выбирать нужную информацию, анализировать и фильтровать данные, а также прогнозировать их дальнейшую динамику.

Таким образом, использование данных мониторинга позволяет инвесторам и компаниям принимать обоснованные решения и минимизировать риски в инвестиционном процессе.

Экспертные оценки дополняют данные мониторинга, обеспечивая более глубокий анализ и предоставляя ценную информацию о потенциальных рисках и перспективах различных видов инвестиций. Использование экспертных оценок является важным инструментом для прогнозирования динамики инвестиционного процесса. Эксперты, обладающие значительным опытом и знаниями в данной сфере, могут дать ценные рекомендации, основанные на своем профессиональном мнении и анализе текущих трендов и данных.

Одним из основных преимуществ использования экспертных оценок является возможность получить информацию, которая может быть недоступна из других источников. Эксперты имеют доступ к большому объему информации и могут осуществлять свои прогнозы, учитывая как объективные, так и субъективные факторы, которые могут влиять на инвестиционный процесс.

Кроме того, экспертные оценки позволяют учесть мнение и опыт людей, которые имеют прямое отношение к инвестиционному процессу. Это может быть руководство компании, финансовые аналитики, инвестиционные менеджеры и другие специалисты, которые имеют глубокое понимание рынка и его динамики. Мнения различных экспертов могут различаться, и нельзя полностью полагаться только на одно мнение. Поэтому часто используются методы агрегации экспертных оценок, которые позволяют учесть разнообразие мнений и получить более объективный прогноз.

Важно учитывать, что экспертные оценки могут быть подвержены влиянию субъективных факторов, таких как эмоции, предубеждения или личные интересы эксперта. Поэтому необходимо проводить независимую оценку и анализ полученных результатов.

Использование экспертных оценок является важным инструментом для прогнозирования динамики инвестиционного процесса. Эксперты могут дать ценные рекомендации, основанные на своем профессиональном опыте и знаниях.

Путем сочетания данных мониторинга и экспертных оценок можно создать модели прогнозирования динамики инвестиций. Эти модели позволяют выявить закономерности в изменении цен активов, прогнозировать будущие тенденции на рынке, а также определить оптимальные стратегии управления портфелями.

Прогнозирование динамики инвестиционного процесса на основе данных мониторинга и экспертных оценок может дать значительное преимущество организации в принятии стратегических решений. Благодаря такому подходу можно более точно предсказать возможные результаты инвестиционных вложений, что позволит оптимизировать расходы и максимизировать прибыль. Кроме того, такой прогноз позволит более гибко реагировать на изменения во внешней среде и быстро адаптироваться к новым условиям.

Однако, необходимо учитывать, что прогнозирование динамики инвестиций является сложным и многогранным процессом. Для достижения точных и надежных результатов необходимо учитывать различные факторы, такие как политическая обстановка, экономические тенденции, изменения в законодательстве и другие. Также необходимо использовать современные методы и модели прогнозирования, которые обеспечат высокую точность и достоверность результатов.

В целом, прогнозирование динамики инвестиционного процесса на основе данных мониторинга и экспертных оценок представляет собой эффективный инструмент для улучшения управления и принятия решений как для различных организаций, так и для частных лиц, желающих заняться инвестированием. Этот подход позволяет прогнозировать возможные результаты и риски инвестиций, что поможет достичь большей стабильности и успеха на рынке, а, соответственно, как результат, получить большую прибыль со своих вложений.

### **1.3 Возможности повышения эффективности управления за счет оптимизационного моделирования балансировки и ребалансировки инвестиций**

Одной из важнейших задач, стоящих перед любым инвестиционным управляющим, является эффективное распределение инвестиций и их ребалансировка в соответствии с изменяющимися рыночными условиями. Оптимизационное моделирование является мощным инструментом для достижения этой цели.

Оптимизационное моделирование представляет собой процесс построения и анализа математических моделей, которые помогают оптимизировать принятие решений в сложных системах. В случае управления инвестициями, оптимизационное моделирование может быть использовано для определения оптимального распределения активов в портфеле, учитывая различные факторы, такие как риск, доходность, ликвидность и прочие ограничения.

Преимущества оптимизационного моделирования в управлении инвестициями являются многочисленными:

- оно позволяет управляющим получить систематическую оценку различных вариантов распределения активов, что помогает принять более обоснованные инвестиционные решения;
- оптимизационное моделирование позволяет учесть различные факторы и ограничения, что повышает точность и надежность прогнозов и решений;
- это инструмент для автоматизации процесса ребалансировки портфеля, что сокращает риски и повышает эффективность управления.

Для успешного применения оптимизационного моделирования в управлении инвестициями необходимо учитывать несколько факторов:

- Подготовка и анализ данных является ключевым этапом. Инвестиционным управляющим необходимо иметь доступ к достоверным и полным данным о рыночных условиях, активах и прочих факторах, которые могут повлиять на принятие решений.

- Выбор и настройка математических моделей требует определенных знаний и опыта. Управляющим необходимо уметь выбирать подходящие модели и адаптировать их под конкретные условия и цели.

В заключение, оптимизационное моделирование является мощным инструментом для повышения эффективности управления инвестициями. Оно позволяет оптимизировать распределение активов, учитывая различные факторы и ограничения, что помогает принять лучшие инвестиционные решения. Однако, успешное применение оптимизационного моделирования требует подготовки и анализа данных, а также опыта и знаний в выборе и настройке математических моделей.

В данном исследовании широко рассматриваются вопросы, связанные с балансировкой и ребалансировкой инвестиций.

Термин «ребалансировка» обычно относится к портфельному анализу. Однако, в нашем случае, мы можем использовать этот термин, поскольку пересмотр инвестиционных вложений также включает в себя анализ рынка ценных бумаг, которые также являются формой инвестиций. Балансировка и ребалансировка инвестиций являются важными концепциями для инвесторов, которые стремятся достичь оптимального соотношения между риском и доходностью своего инвестиционного портфеля.

Балансировка инвестиционного портфеля представляет собой важный процесс, который позволяет инвестору достичь желаемого соотношения между риском и доходностью. Она включает в себя распределение средств между различными активами в портфеле с целью снижения концентрации средств в одном активе или секторе.

Ребалансировка, в свою очередь, представляет собой пересмотр и изменение этого распределения средств в портфеле с течением времени или в ответ на изменение рыночных условий.

Важным аспектом балансировки инвестиций является диверсификация портфеля. Разнообразие активов, таких как акции, облигации, недвижимость, драгоценные металлы и другие инструменты, позволяет снизить общий уровень

риска. Каждый из этих активов имеет свои особенности и риски, и поэтому распределение средств между ними является необходимым шагом для достижения оптимального баланса между риском и доходностью в портфеле.

Таким образом, балансировка инвестиций является неотъемлемой частью успешного управления портфелем. Она позволяет инвестору снизить риск и достичь желаемого уровня доходности, а также адаптироваться к изменяющимся рыночным условиям.

Однако, со временем или в результате изменения рыночных условий может произойти изменение распределения средств в портфеле. Например, цены на акции могут существенно возрасти, тогда как облигации могут показывать слабую доходность. В таких случаях, для поддержания желаемого соотношения риска и доходности, инвестор может провести ребалансировку портфеля, продавая часть акций и приобретая дополнительные облигации.

Ребалансировка инвестиций требует систематического и дисциплинированного подхода. Инвестор должен регулярно отслеживать и анализировать состояние своего портфеля, определять расхождения от желаемого распределения и предпринимать меры для его восстановления. Важно учитывать такие факторы, как цели инвестирования, срок вложения, толерантность к риску и изменения в макроэкономической среде.

Балансировка и ребалансировка инвестиций являются непрерывными и длительными процессами, требующими постоянного мониторинга и анализа. Помимо этого, инвесторы должны учитывать комиссионные сборы и налоговые последствия при осуществлении операций по балансировке и ребалансировке своего портфеля.

В результате, балансировка и ребалансировка инвестиций позволяют инвесторам достичь оптимального соотношения риска и доходности в своем портфеле. Они помогают снизить риск концентрации, обеспечивают диверсификацию и позволяют адаптироваться к изменяющимся рыночным условиям. Регулярное и дисциплинированное выполнение процессов балансировки и ребалансировки является ключевым фактором для успешного инвестирования.

Рассмотрим переход от выполненной за некоторый временной период программы развития к инвестированию новой программы развития с заданным горизонтом планирования, как один из вопросов, необходимых для проведения дальнейшего исследования в работе.

В первую очередь стоит помнить, что программа развития является инструментом инвестирования, который помогает определить направление и приоритеты развития организации на определенный период времени. Она включает в себя цели, задачи, ресурсы и мероприятия, которые необходимо реализовать для достижения успеха. Будучи основанной на анализе текущего состояния компании и ее потенциала, программа развития позволяет эффективно распределять ресурсы и принимать обоснованные управленческие решения.

Соответственно осуществляя переход от существующей программы развития к новой, при этом использующей некий заданный горизонт планирования, необходимо осуществлять балансировку инвестиционных вложений, для увеличения эффективности и доходности активов и вложенных средств.

Переход от выполненной за некоторый временной период программы развития к новой программе развития с заданным горизонтом планирования является неотъемлемой частью управления развитием организации. В современной динамичной среде бизнеса, компании должны постоянно адаптироваться и реагировать на изменения внешних условий, чтобы оставаться конкурентоспособными. В этом контексте, переход от одной программы развития к другой требует предварительного анализа и планирования.

Первым шагом в этом процессе является оценка выполнения предыдущей программы развития. Это включает в себя оценку достигнутых результатов, анализ проблем и препятствий, с которыми мы столкнулись, а также оценку эффективности использованных ресурсов. На основе этой информации можно определить, насколько успешно была выполнена предыдущая программа развития и какие корректировки необходимо внести в новую.

Вторым шагом является проведение анализа внешней среды и оценка трендов и изменений, которые могут повлиять на цель программы развития. Это

включает в себя изучение рынка, конкурентов, технологических инноваций, изменений в правовом и регуляторном окружении и других факторов. Анализ внешней среды позволяет определить новые возможности и вызовы, которые должны быть учтены в новой программе развития.

Третий шаг включает в себя разработку новой программы инвестирования развития с заданным горизонтом планирования. Новая программа должна быть целостной и координированной, учитывая все внутренние и внешние факторы, а также стратегические цели и задачи организации. Она должна включать в себя определение приоритетов, ресурсов и сроков для достижения поставленных целей.

Одним из главных преимуществ программ развития с определенным горизонтом планирования является возможность создать четкий и понятный маршрут развития для организации. Она помогает установить реалистичные цели, оценить необходимые ресурсы и разработать долгосрочную стратегию роста. Кроме того, программа развития способствует повышению эффективности работы компании, позволяя лучше контролировать и оценивать результаты достигнутых успехов.

Четвертый шаг включает в себя реализацию новой программы развития. Это включает в себя мобилизацию ресурсов, организацию процессов и активного участия сотрудников организации. Реализация новой программы требует планирования, координации и контроля, чтобы обеспечить достижение поставленных целей.

Оптимизационное моделирование играет важную роль в балансировке и ребалансировке инвестиций. Данные понятия включают в себя распределение денежных средств между различными активами и периодическую корректировку этого распределения в соответствии с изменениями рыночных условий и целевыми параметрами портфеля. Оптимизационное моделирование же позволяет найти наилучшее решение, учитывая различные ограничения и цели инвестора.

При помощи математических моделей и алгоритмов оптимизации можно определить оптимальное распределение активов, которое минимизирует риски и максимизирует доходность портфеля. Оптимизационное моделирование также

позволяет проводить анализ чувствительности [2], оценивая влияние изменений параметров и условий на портфельные показатели. Таким образом, оптимизационное моделирование является мощным инструментом управления инвестициями и помогает инвесторам принимать обоснованные решения по распределению денежных средств и ребалансировке портфеля, снижая риски и повышая доходность.

Поскольку одной из особенностей управления инвестированием программы развития СОС является ориентация на балансовые условия инвестиционного процесса, для разных уровней этих условий, связанных с этапами применения программно-целевого подхода, предполагается использовать следующие классы оптимизационного моделирования:

#### 1. Многоальтернативной оптимизации.

Многоальтернативный выбор необходим на этапах 2-4 программно-целевого подхода. В этом случае необходимо с учетом потребностей в инвестиционном ресурсе (этап 3) установить исполнителей (объектов) (этап 4), которые будут инвестироваться по определенному мероприятию (направлению), предложенному управляющим центром СОС на этапе 2. В формализованном виде выбор характеризуется альтернативными переменными

$$x_{in} = \begin{cases} 1, \text{ если } i - \text{й исполнитель инвестируется по } n - \text{му мероприятию} \\ \text{с потребностью в инвестиционном ресурсе } C_{in}^0 \\ 0, \text{ в противном случае, } i = \overline{1, I}, n = \overline{1, N} \end{cases}$$

и следующей оптимизационной моделью

$$\begin{aligned} \psi(x_{in}) &\rightarrow \max_{x_{in}}, \\ f_j(x_{in}) &\leq f_j^0, j = \overline{1, J}, \\ x_{in} &= \begin{cases} 1, \\ 0, \end{cases} i = \overline{1, I}, n = \overline{1, N}, \end{aligned} \quad (1.1)$$

где  $\psi(x_{in})$  – целевая функция, характеризующая экстремальное требование к процессу инвестирования;

$f_j(x_{in}) \leq f_j^0$  – ограничения, характеризующие граничные требования к процессу инвестирования.

В зависимости от конструкции оптимизационной модели (1.1) для решения используются следующие методы: отсечений, ветвей и границ, многоальтернативной оптимизации.

## 2. Многошагового процесса принятия оптимального решения.

Необходимость в этом классе оптимизационного моделирования возникает на этапе 3 программно-целевого подхода при распределении инвестиционного ресурса  $C_{jin}$  по временным периодам  $t = \overline{1, T}$ . Тогда процесс принятия оптимального решения превращается в многошаговый  $t = \overline{1, T}$  с определением значений  $C_{jin}^*(t)$ , соответствующих каждому шагу. Эффективность решения на каждом шаге определяется значениями  $y_{jin}(t)$ , которые зависят от инвестиционного ресурса

$$y_{jin}(t) = f_i(C_{jin}(t)). \quad (1.2)$$

Зависимость (1.2) формируется на основе статистических выборок временных рядов  $C_{jin}(t)$  и  $y_{jin}(t)$  с использованием методов нейросетевого моделирования.

Оптимизационное моделирование направлено на максимизацию значений показателя эффективности на каждом шаге  $t = \overline{1, T}$

$$\psi(C_{jin}(t), y_{jin}(t)) = \sum_{t=1}^T f_j(C_{jin}(t)) \rightarrow C_{jin}^{max}(t), t = \overline{1, T}, \quad (1.3)$$

при этом максимум (1.3) должен быть достигнут при выполнении балансового условия

$$\sum_{t=1}^T C_{jin}(t) \leq C_{jin}. \quad (1.4)$$

Можно осуществить оптимизационное моделирование на основе экстремального требования (1.3) и граничного требования (1.4) путем перехода к совокупности одномерных задач оптимизации по переменным  $C_{jin}(t)$ ,  $t = \overline{1, T}$  отдельно, начиная с  $T$ -го шага и перехода к шагу  $t = 1$ . Этот переход достигается

за счет введения дополнительных переменных, по которым в процессе решения осуществляется на каждом шаге полный перебор всех значений, заданных на дискретном множестве.

#### **1.4 Структура процесса управления инвестированием на основе оптимизационного и прогностического моделирования**

Как показано выше, для управления инвестированием, то есть распределением инвестиционного ресурса в рамках программы развития СОС, целесообразно использовать оптимизационный подход, который в свою очередь базируется на прогностическом моделировании динамики показателей эффективности деятельности объектов, входящих в систему. Накопление ретроспективной информации, необходимой для получения прогностических оценок, способствует повышению точности прогноза, если есть преемственность выполнения предыдущей программы развития и формирования новой с последующей ее реализацией.

Для принятия управленческих решений в организационных системах рассмотрены различные механизмы оптимизации деятельности объектов в зависимости от заданных целей и задач управления: ресурсным обеспечением, качественным функционированием, ресурсоэффективностью, компетенциями персонала. Оптимизационный подход к управлению процессом инвестиций в сложноструктурированной организационной системе исследуется только для конкретного варианта развития отраслевой системы гражданской авиации [7].

Предлагается осуществить структуризацию процесса управления инвестированием в рамках программы развития СОС разного класса с учетом особенностей следующих составляющих:

##### **1. Информационное обеспечение**

Основой информационного обеспечения для принятия управленческих решений являются данные мониторинга процесса освоения инвестиций и показателей эффективности развития предыдущей программы за временные периоды  $t_1 = \overline{1, T_1}$ . В случае преемственности с новой программой развития эта информация используется совместно с текущей информацией о ее реализации при заданном горизонте планирования  $t = \overline{1, T}$ .

## 2. Характеризация требований управляющего центра к программе развития.

Важную роль играют требования управляющего центра к:

- объему интегрированного инновационного ресурса, выделяемого для реализации программы развития;
- распределению интегрированного объема между направлениями (проектами) программы;
- набору показателей эффективности, характеризующих достижение цели по каждому направлению;
- уровню показателей эффективности, определяющих результативность инвестирования в рамках программы развития.

## 3. Экспертные оценки

Во-первых, экспертное оценивание необходимо для сравнения объемов инвестиций, определяемых в соответствии с требованиями управляющего центра и прогнозируемых потребностей для достижения объектами заданного уровня показателей эффективности.

Во-вторых, экспертное оценивание необходимо для формализованной постановки задач оптимизации при формировании и реализации программы развития СОС.

## 4. Управленческие решения, принимаемые при формировании программы развития СОС:

- распределение объектов организационной системы для инвестирования по определенному направлению;
- определение объемов инвестиций в разрезе направлений программы развития, объектов СОС, мероприятий, направленных на достижение показателями эффективности заданного уровня;
- распределение объемов инвестиций между временными периодами реализации программы развития с использованием прогностических оценок на основе ретроспективной информации о выполнении предыдущей программы развития и экспертных прогнозов.

5. Балансировка инвестиций при формировании программы развития СОС осуществляется на следующих уровнях согласования:

- интегрального объема инвестиций и инвестиций объектам СОС в рамках каждого направления программы развития;
- запланированного объема инвестиций по направлениям программы и потребностей в инвестировании развития объектов СОС;
- запланированного объема инвестирования развития объекта СОС и потребностей в ресурсной поддержке мероприятий, обеспечивающих достижение требований управляющего центра к показателям эффективности развития;
- запланированного объема ресурсного обеспечения мероприятий программы развития объекта СОС и их распределение между временными периодами реализации этой программы.

6. Ребалансировка инвестиций при реализации программы развития СОС осуществляется в следующей последовательности:

- определяется временной период, после которого переходят к процессу ребалансировки инвестиций;
- определяются объемы неосвоенных инвестиций и проводится их распределение между объектами СОС на оставшиеся временные периоды;
- при получении объектом дополнительного инвестиционного ресурса проводится его распределение между плановыми мероприятиями и оставшимися временными периодами.

Каждая из перечисленных составляющих определяет необходимость в соответствующих компонентах структуры управления процессом инвестирования в рамках программы развития СОС, обеспечивающих интеллектуальную поддержку управленческих решений на основе оптимизационного и прогностического моделирования. Взаимодействие этих компонентов с управляющим центром, информационными ресурсами мониторинга и экспертного оценивания при формировании и реализации программы развития СОС показано

на структурной схеме (Рисунок 1.2 – Структурная схема управления инвестированием в рамках программы развития СОС с использованием оптимизационного и прогностического моделирования).

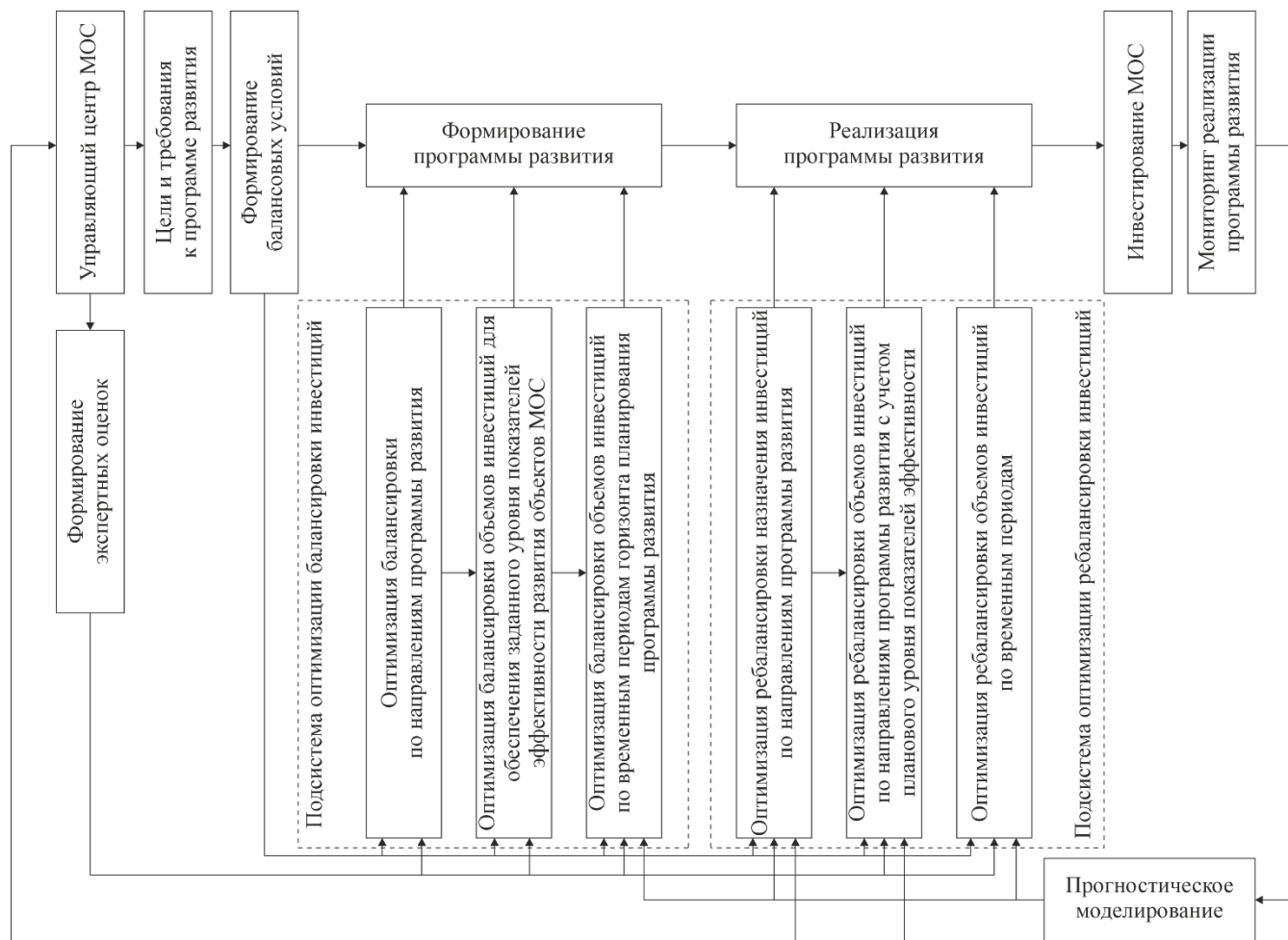


Рисунок 1.2 – Структурная схема управления инвестированием в рамках программы развития СОС с использованием оптимизационного и прогностического моделирования

## Выводы первой главы

1. Повышение эффективности управления инвестиционным процессом развития СОС определяется с учетом, с одной стороны, структуры взаимодействия управляющего центра с объектами инвестирования, а с другой, следующих особенностей:

- многоэтапность применения программно-целевого подхода;
- влияние системных связей стадий формирования и реализации программы развития;
- необходимость ориентации на результаты мониторинга;
- ориентация на балансовые условия инвестирования;
- возможность использования динамических характеристик для ребалансировки инвестиций;
- влияние на эффективность управления процессом инвестирования программной среды поддержки принятия управленческих решений.

2. Для прогностического моделирования, направленного на повышение эффективности управления динамикой процесса инвестирования программы развития СОС, приемлемым является использование машинного обучения для построения на основе статистических выборок временных рядов регрессионных моделей либо в виде функциональных зависимостей, либо – нейронных сетей.

3. Целесообразной формой повышения эффективности управления процессом инвестирования СОС является оптимизационное моделирование. Исходя из структуры взаимодействия управляющего центра с объектами инвестирования и необходимости выполнения балансовых условий следует ориентироваться на методы многоальтернативной оптимизации для статических задач и многошагового процесса принятия оптимальных решений в случае динамических задач балансировки и ребалансировки.

4. Оптимизационное и прогностическое моделирование составляет основу для формирования структуры управления процессом инвестирования программы развития СОС. При этом блоки моделирования и принятия решений

интегрированы с экспертным оцениванием, осуществляемым управляющим центром в зависимости от целей и требований к показателям эффективности использования инвестиционного ресурса.

## **2 ОПТИМИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ БАЛАНСИРОВКИ ИНВЕСТИЦИЙ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ПРОГРАММЫ РАЗВИТИЯ СЛОЖНОСТРУКТУРИРОВАННОЙ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ**

Формирование оптимизационных моделей управления процессом балансировки инвестиций связано с характерной этапностью формирования программы развития СОС: распределение интегрального объема ресурсного обеспечения между направлениями программы развития, назначения направлений развития объектам, распределение назначенных объемов на мероприятия по достижению запланированного уровня показателей эффективности, распределения объемов инвестиций по временным периодам реализации программы. Принятие управленческих решений на каждом этапе основано на определенных балансовых условиях, позволяющих организовать нисходящий и восходящий циклы процесса управления.

Если распределение интегрального ресурсного обеспечения между направлениями программы развития выполняется в режиме экспертного оценивания, то последующие этапы ориентированы на формализованные методы оптимизации. Этап назначения инвестиций объектам по направлениям программы развития с последующим распределением на обеспечение запланированного уровня показателей эффективности реализуется с использованием оптимизационной модели линейного булевого программирования. Эффективность этой модели существенным образом зависит от соотношения коэффициентов значимости инвестиций по определенному направлению для каждого объекта. Поэтому определение этих коэффициентов целесообразно проводить с использованием экспертных оценок многотермовых лингвистических переменных.

Принятие управленческих решений при распределении инвестиций по временным периодам требует в первую очередь построения адекватной прогностической модели. Из множества методов прогнозирования на основе ретроспективных статистических выборок необходимо выбрать наиболее подходящий по целому набору показателей. Возможность определения прогностических оценок значений показателей эффективности позволяет сформировать оптимизационную модель, включающую распределение инвестиционного ресурса на все временные периоды горизонта планирования.

Интеграция результатов экспертного оценивания и оптимизационного моделирования дает возможность организовать принятие управленческих решений при балансировке инвестиций на основе балансовых условий в рамках единой структурной схемы.

## 2.1 Формирование балансовых условий распределения инвестиций между объектами организационной системы

Рассмотрим развитие сложноструктурированной организационной системы, включающей объекты  $O_i, i = \overline{1, I}$ , как смену программ развития и их целеориентированности. Пусть во временные периоды  $t_1 = \overline{1, T_1}$  действовала программа 1, цели которой определялись достижением показателями  $y_{j_1}$  уровня  $y_{j_1}^0, j_1 = \overline{1, J_1}$ . При этом осуществлялось инвестирование по  $n_1$ -му ( $n_1 = \overline{1, N_1}$ ) направлению программы в объемах  $C_{in_1}(t)$  и проводился мониторинг значений показателей каждого объекта  $O_i, i = \overline{1, I}, y_{j_1 in_1}(t_1), t_1 = \overline{1, T_1}$ .

После выполнения указанной программы и достижения значений  $y_{j_1 in_1}(T_1)$  разрабатывается программа 2, включающая  $n = \overline{1, N}$  направлений цели которой определяются достижением показателями  $y_j$  уровня  $y_j^0, j = \overline{1, J}$ , где  $\overline{1, J_1} \cap \overline{1, J} \neq \emptyset$ , при заданном горизонте планирования  $t = \overline{1, T}$ .

Процесс балансировки инвестиций при формировании программы 2 направлен на обеспечение следующих балансовых условий распределения интегрального ресурса  $C$ , выделенного управляющим центром на развитие  $O_i, i = \overline{1, I}$  объектов по  $n = \overline{1, N}$  направлениям с целью достижения показателями значений  $y_{ji_n}^0$  при заданном горизонте планирования  $t_1 = \overline{1, T_1}$ :

– между направлениями программы

$$\sum_{n=1}^N C_n = C, \quad (2.1)$$

где  $C_n$  - объем инвестиций для реализации  $n$ -го направления программы 2;

– между объектами организационной системы по участию в реализации  $n$ -го направления и объема инвестиций  $C_{in}$

$$\sum_{i=1}^I C_{in} = C_n; \quad (2.2)$$

– между мероприятиями программы 2, направленными на достижение показателями значений  $y_{ji_n}^0$

$$\sum_{j_{2n}=1}^{J_{2n}} C_{ji_n} = C_{in}, \quad (2.3)$$

где  $C_{ji_n}$  - объем инвестиций, позволяющий реализовать мероприятия  $n$ -го

направления на развитие объекта по показателю  $j$  за все периоды времени  $t = \overline{1, T}$ ;

- между временными периодами реализации программы 2 при заданном горизонте планирования

$$\sum_{t=1}^T C_{ji_n}(t) = C_{ji_n}, \quad (2.4)$$

где  $C_{ji_n}(t)$  - объем инвестиций в каждый период времени  $t$ ,  $t = \overline{1, T}$ , для реализации мероприятий, обеспечивающих заданный рост значений показателя  $y_{ji_n}$ .

Распределение инвестиций между направлениями программы  $C_n^*$  по балансовому условию (2.1) осуществляет управляющий центр СОС на экспертном уровне. Предполагается распределение инвестиций на объектном уровне с использованием условий (2.2) - (2.4) проводить путем совмещения формализованных методов оптимизации и экспертных оценок. При этом последовательность использования балансовых условий следующая:

- определяется оптимальное подмножество объектов СОС  $i'_n = \overline{1, I'_n}$  с одновременным определением оптимального распределения  $C_n^*$  для инвестирования объектов  $C_{i'_n}^*$ ,  $i'_n = \overline{1, I'_n}$  на основе (2.2);
- определяется оптимальное распределение инвестиций  $C_{i'_n}^*$  между мероприятиями программы 2 по  $n$ -му направлению и  $j$ -му показателю  $C_{ji'_n}^*$ ,  $j = \overline{1, J}$ ,  $i'_n = \overline{1, I'_n}$  на основе (2.3).
- определяется оптимальное распределение инвестиций  $C_{ji'_n}^*$  между временными периодами реализации программы развития  $C_{ji'_n}^*(t)$ ,  $t = \overline{1, T}$  на основе (2.4).

В большинстве случаев решение оптимизационных задач, соответствующих нисходящей последовательности обеспечения балансовых условий, являются многовариантными и требуется привлечение экспертных оценок. Окончательные решения при проверке могут не соответствовать балансовым условиям (2.2) - (2.4). Поэтому предполагается кроме нисходящего цикла организовать восходящий верификационный цикл, направленный на коррекцию решения таким образом, чтобы балансовые условия были выполнены.

Структурная схема нисходящего и восходящего циклов обеспечения циклов балансовых условий (2.2) - (2.4) при оптимальном распределении инвестиций между объектами СОС приведена на следующем рисунке (Рисунок 2.1 –

Структурная схема нисходящего и восходящего циклов выполнения балансовых условий при формировании программы развития СОС).

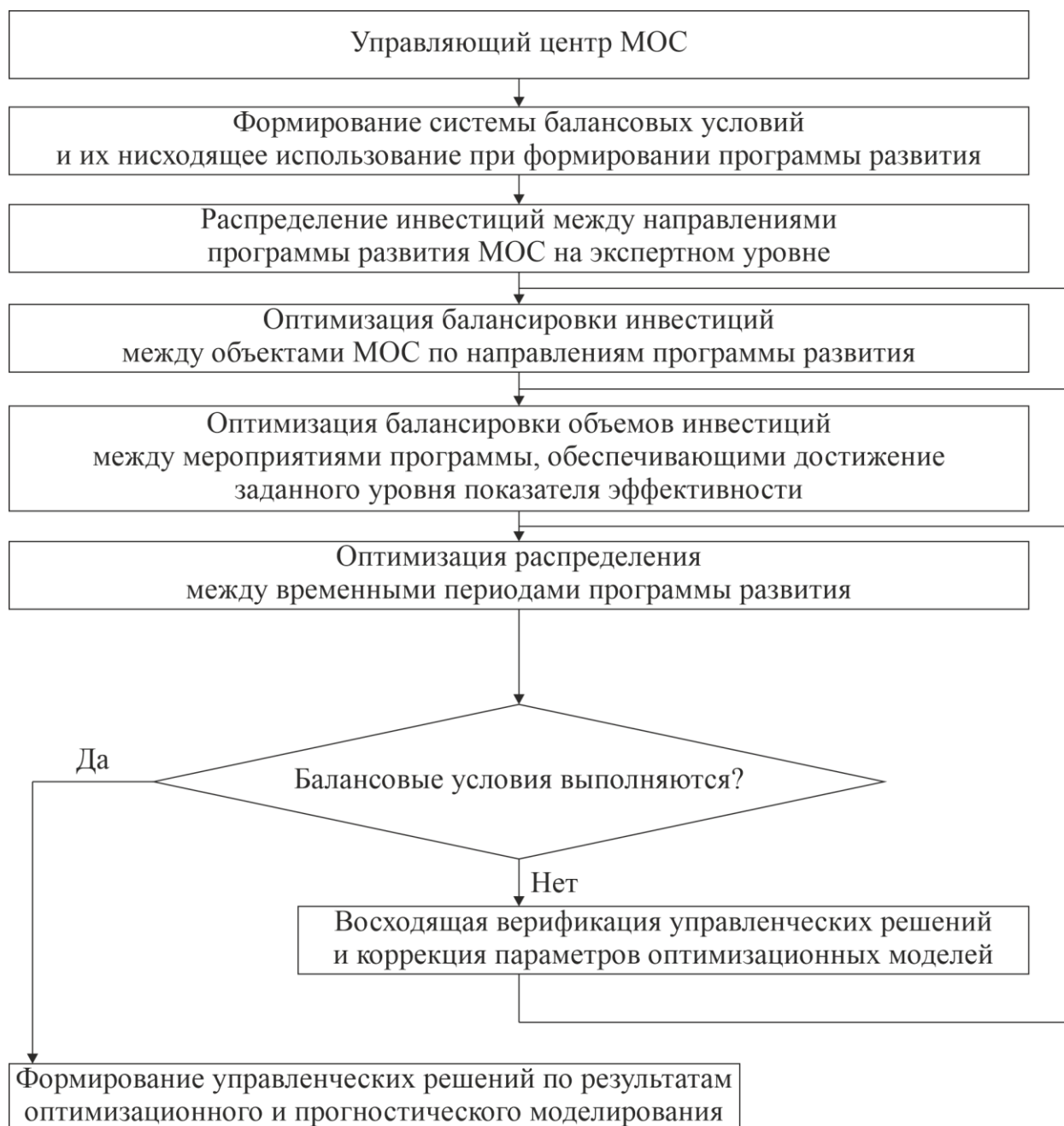


Рисунок 2.1 – Структурная схема нисходящего и восходящего циклов выполнения балансовых условий при формировании программы развития СОС

## 2.2 Оптимизация балансировки инвестиций по направлениям программы развития

Оптимальное распределение объема инвестиций  $C_n$ , обеспечивающее выполнение балансового условия (2.2), достигается за счет привлечения к  $n$ -му направлению программы 2 подмножества объектов организационной системы  $i'_n = \overline{1, I'_n}$ .

В этом случае оптимизационное моделирование направлено на выбор значений альтернативных переменных

$$x_{in} = \begin{cases} 1, \text{ если целесообразно } i - \text{й объект инвестировать} \\ \quad \text{по } n - \text{му направлению программы 2,} \\ 0, \text{ в противоположном случае, } i_n = \overline{1, I'_n}, n = \overline{1, N} \end{cases} \quad (2.5)$$

в соответствии с экстремальным и граничными требованиями.

В качестве экстремального требования предлагается рассматривать максимизацию эффекта от влияния инвестиций по  $n$ -му направлению на развитие  $i$ -го объекта

$$\sum_{i=1}^I \sum_{n=1}^N \alpha_{in} x_{in} \rightarrow \max, \quad (2.6)$$

где  $\alpha_{in}$  - коэффициент значимости влияния инвестиций по  $n$ -му направлению на развитие  $i$ -го объекта.

Коэффициенты значимости определяются с использованием экспертных оценок:

- значений объема инвестиций, прогнозируемых для обеспечения оптимальных условий развития  $i$ -го объекта по  $n$ -му направлению программы 2 -  $C_{i_n}^{np}$ ;
- значений термов лингвистической переменной <Допустимо изменить показатели развития  $i$ -го объекта в соответствии с требованиями за счет инвестирования  $n$ -го направления программы 2>.

Оценка  $C_{i_n}^{np}$  используется для вычисления относительных значений объемов инвестирования

$$\hat{C}_{i_n} = \frac{C_{i_n}^{np}}{C_{i_n}^0},$$

где  $C_{i_n}^0$  - экспертная оценка фактической потребности объектов СОС в инвестициях по  $n$ -му направлению.

Экспертные оценки двух термов  $Y_1, Y_2$  лингвистической переменной осуществляются по следующим градациям:

$Y_1$  - увеличить, уменьшить, безразлично;

$Y_2$  - сильно, существенно, несколько, немного, мало.

Указанные оценки используются для вычисления значений функции принадлежности

$$\mu_{in}(Y_1, Y_2), i_n = \overline{1, I_n}, n = \overline{1, N}. \quad (2.7)$$

На основании значений (2.7) определим коэффициенты значимости

$$\alpha_{in} = \frac{\mu_{in}(Y_1, Y_2)}{\sum_{i=1}^I \sum_{n=1}^N \mu_{in}(Y_1, Y_2)}. \quad (2.8)$$

Объединим экстремальное требование (2.6) с граничными, направленными на учет балансового условия (2.1) и бинарности значений альтернативных переменных (2.5), в оптимизационную модель

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^I \sum_{n=1}^N \alpha_{in} x_{in} &\rightarrow \max_{x_{in}}, \\ \sum_{i=1}^I \sum_{n=1}^N C_{in}^0 x_{in_2} &\leq C, \\ x_{in_2} &= \begin{cases} 1, \\ 0, \end{cases} \quad i_n = \overline{1, I_n}, n = \overline{1, N}. \end{aligned} \quad (2.9)$$

Задача (2.9) является задачей линейного булевого программирования (задача о ранце) [6]. В [5] показана возможность ее решения с использованием рандомизированного подхода. Эффективность рандомизированной модификации метода ветвей и границ существенным образом зависит от верхней оценки корня дерева, инициируемого теми значениями переменных поиска на  $k$ -й итерации, которые равны 1,  $-x_{in}^k = 1$ . Эту верхнюю оценку предлагается определять за счет решения эквивалентной задачи линейного программирования с непрерывными переменными

$$0 \leq x_{in} \leq 1, i_n = \overline{1, I_n}.$$

Тогда оценку непрерывной переменной для определения ее номера  $\hat{i}_n$ , по которому осуществляется ветвление на  $(k+1)$ -й итерации, вычисляют в соответствии с рекуррентным соотношением, предложенным в [6]:

$$x_{in}^{k+1} = \frac{\min(C_{i_n}^0, C - \sum_{i=1}^I \sum_{n=1}^N C_{i_n}^0 x_{in}^k)}{C_{i_n}^0}, i_n = \overline{1, I_n}.$$

Окончательно получаем решение  $x_{i'_n}^* = 1, i'_n = \overline{1, I'_n}$ , на основании которого определяется оптимальное распределение инвестиций

$$C_{i_n}^* = \begin{cases} C_{i'_n}^0 \text{ для } i'_n = \overline{1, I'_n}, \\ \text{соответствующих решению } x_{i'_n}^* = 1, \\ 0 \text{ для } i_n \neq i'_n, \\ \text{соответствующих решению } x_{i_n}^* = 0. \end{cases}$$

Для обеспечения балансового условия (2.3) аналогично предыдущему подходу определяются коэффициенты значимости инвестиций на мероприятия программы развития для достижения  $j$ -м показателем заданного уровня объектом  $O_{i'_n}, i'_n = \overline{1, I'_n}$

$$\beta_{ji'_n}, j = \overline{1, J}, i'_n = \overline{1, I'_n}.$$

Аналогично (2.9) формируем оптимизационную модель для выполнения балансового условия (2.3)

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^J \beta_{ji'_n} x_{ji'_n} &\rightarrow \max x_{ji'_n}, \\ \sum_{j=1}^J C_{ji'_n}^0 x_{ji'_n} &= C_{i'_n}^*, i'_n = \overline{1, I'_n}, \\ x_{ji'_n} &= \begin{cases} 1, j = \overline{1, J}, i'_n = \overline{1, I'_n}, n = \overline{1, N}, \\ 0 \end{cases} \end{aligned} \quad (2.10)$$

где  $C_{ji'_n}^0$  - экспертная оценка фактической потребности объектов СОС в инвестициях для реализации мероприятий по  $j$ -му показателю.

И получаем решение  $x_{j'i'_n}^* = 1, j'i'_n = \overline{1, J'I'_n}$ .

Этому решению соответствует оптимальное распределение инвестиций

$$C_{j'i'_n}^* = \begin{cases} C_{j'i'_n}^0 \text{ для } j'i'_n = \overline{1, J'I'_n}, \\ \text{соответствующих решению } x_{j'i'_n}^* = 1, \\ 0 \text{ для } j'i'_n \neq j'i'_n, \\ \text{соответствующих решению } x_{j'i'_n}^* = 0. \end{cases}$$

Структурная схема оптимизации балансировки инвестиций по направлениям программы развития приведена на следующем рисунке (Рисунок 2.2 – Структурная схема оптимизации балансировки инвестиций по направлениям программы развития).



Рисунок 2.2 – Структурная схема оптимизации балансировки инвестиций по направлениям программы развития

### 2.3 Оптимизация балансировки инвестиций по временным периодам горизонта планирования с использованием прогностического моделирования

Оптимизационное моделирование процесса балансировки начнем с формирования экстремальных и граничных требований, обеспечивающих выполнение балансового условия (2.4). В качестве исходной информации используем ряд оценок ретроспективных данных и мнений экспертов для объектов  $O_{i'_n}, i'_n = \overline{1, I'_n}$ :

- экспертная оценка потребности в инвестициях для достижения показателем  $y_{ji'_n}$  значения  $y_{ji'_n}^0 - C_{ji'_n}^0$ ;
- прогностические оценки изменения показателей  $\hat{j} = \overline{1, \hat{J}} \in (\overline{1, J} \cap \overline{1, J_1})$  в рамках заданного горизонта планирования программы 2  $t = \overline{1, T}$ , полученные путем машинного обучения моделей по ретроспективным временным рядам на основе мониторинга показателей  $y_{j'i'_n}(t_1), t = \overline{1, T_1}$

$$\hat{y}_{j'i'_n}(t) = f(C_{j'i'_n}(t_1), t_1), \quad (2.11)$$

где  $\hat{y}_{j'i'_n}(t)$  - прогностическая оценка значений показателей в периоды времени  $t = \overline{1, T}$ , вычисленная с помощью нейросетевой модели  $f(C_{j'i'_n}(t_1), t_1)$ ;

- прогностические экспертные оценки изменения показателей  $j'' = \overline{1, J''}$  при условии  $\overline{1, J'} \cup \overline{1, J''} = \overline{1, J}$  от значения  $y_{j''i'_n}(T_1)$  до заданного значения  $y_{j''i'_n} = y_{j''i'_n}(T)$

$$\hat{y}_{j''i'_n}(t) = f(C_{j''i'_n}(t), t), \quad (2.12)$$

где  $C_{j''i'_n}(t)$  - экспертные оценки набора дискретных значений, характеризующих объем инвестиций на мероприятия, которые обеспечивают рост показателей  $y_{j''i'_n}$  в рамках программы 2

$$C_{j''i'_n}^1(t) < C_{j''i'_n}^2(t) < \dots < C_{j''i'_n}^g(t) < \dots < C_{j''i'_n}^G(t) = C_{j''i'_n}^0; \quad (2.13)$$

- экспертные оценки набора дискретных значений, характеризующих объем инвестиций на мероприятия, которые обеспечивают рост показателей  $y_{j'i'_n}$  в рамках программы 2

$$C_{j'i'_n}^1(t) < C_{j'i'_n}^2(t) < \dots < C_{j'i'_n}^g(t) < \dots < C_{j'i'_n}^G(t) = C_{j'i'_n}^0. \quad (2.14)$$

Предлагается следующая процедура прогностического моделирования [8] с целью идентификации зависимостей (2.11), ч. (2) по ретроспективным данным мониторинга показателей эффективности с использованием методов машинного обучения, рассмотренных в п. 1.2.

1. Формирование зависимости (2.11) выполняется в три этапа:

- построение прогностической модели временного ряда  $\hat{C}_{j'i'_n}(t), t = \overline{1, T}$  по ретроспективным данным мониторинга  $C_{j'i'_n}(t_1), t_1 = \overline{1, T_1}$ ;
- построение прогностической модели временного ряда  $\hat{y}_{j'i'_n}(t), t = \overline{1, T}$  по ретроспективным данным мониторинга  $y_{j'i'_n}(t_1), t_1 = \overline{1, T_1}$ ;
- построение модели, позволяющей оценить изменения показателей эффективности в зависимости от изменений объема инвестиций на основе статистических выборок, построенных путем вычисления прогностических оценок  $\hat{C}_{j'i'_n}(t), \hat{y}_{j'i'_n}(t), t = \overline{1, T}$ ,

$$\hat{y}_{j'i'_n}(t) = f_1(\hat{C}_{j'i'_n}(t)). \quad (2.15)$$

За счет совмещения результатов рассмотренной обработки на основе (2.15) вычисляем оценки эквивалентные (2.11).

2. Возможность вычисления оценок, эквивалентных (2.12), достигается следующим образом:

- для временных периодов выполнения программы развития  $t = \overline{1, T}$  эксперты формируют прогностические оценки потребности в инвестициях  $\hat{C}_{j''i'_n}(t)$ ;
- эксперты дают прогностическую оценку значениям показателей эффективности  $\hat{y}_{j''i'_n}(t)$ , которые достигаются в случае использования объема инвестиций  $\hat{C}_{j''i'_n}(t)$ ;
- осуществляется формирование модели, позволяющей оценить изменения показателей эффективности в зависимости от объема инвестиций на основе статистических выборок, построенных на основе прогностических оценок  $\hat{C}_{j''i'_n}(t), \hat{y}_{j''i'_n}(t), t = \overline{1, T}$ ,

$$\hat{y}_{j''i'_n}(t) = f_1(\hat{C}_{j''i'_n}(t)). \quad (2.16)$$

За счет совмещения результатов экспертного оценивания и вычислений на основе модели (2.16) получаем оценки, эквивалентные (2.12).

Предложенная процедура прогностического моделирования позволяет в процессе оптимизации принятия управленческих решений при балансировке инвестиций по временным периодам горизонта планирования программы развития СОС вычислять:

- значения  $\hat{y}_{ji'_n}(C_{ji'_n}^g(t), t)$  при значениях  $C_{ji'_n}^g(t)$  из ряда (2.14);
- значения  $\hat{y}_{ji''_n}(C_{ji''_n}^g(t), t)$  при значениях  $C_{ji''_n}^g(t)$  из ряда (2.13).

С учетом (2.11) – (2.16) в качестве экстремального определим требование максимального роста значений каждого показателя  $y_{ji_n}$  за периоды времени  $t = \overline{1, T}$

$$\sum_{t=1}^T \hat{y}_{ji'_n}(C_{ji'_n}^g(t), t) \rightarrow \max_{C_{ji'_n}^g(t), g = \overline{1, G}, t = \overline{1, T}}. \quad (2.17)$$

Граничные требования определяются балансовым условием (2.4) и наборами дискретных значений объема инвестиций (2.13), (2.14).

Объединяя экстремальные (2.17) и граничные требования, имеем следующую оптимизационную задачу

$$\begin{aligned} \sum_{t=1}^T \hat{y}_{ji'_n}(C_{ji'_n}(t), t) &\rightarrow \max_{C_{ji'_n}(t), t = \overline{1, T}}, \\ \sum_{t=1}^T C_{ji'_n}(t) &= C_{ji'_n}^0, \\ C_{ji'_n}(t) &= C_{ji'_n}^1(t), \dots, C_{ji'_n}^g(t), \dots, C_{ji'_n}^G(t), t = \overline{1, T}. \end{aligned} \quad (2.18)$$

Решение задачи включает выполнение ряда этапов:

- переход к множеству одномерных задач оптимизации, эквивалентных (2.18) с введением дополнительных граничных условий

$$C_{ji'_n}^1 \leq C_{ji'_n}(t) \leq C_{ji'_n}',$$

где  $C_{ji'_n}'$  принимает значения  $C_{ji'_n}^1, \dots, C_{ji'_n}^g, \dots, C_{ji'_n}^G$ ,

$$\begin{aligned}
\varphi_1 \left( C_{ji'_n} (t = 1) \right) &= \max_{\substack{C_{ji'_n}^1, \leq C_{ji'_n} \\ (t=1) \leq C_{ji'_n}^1}} \left[ \hat{y}_{ji'_n} \left( C_{ji'_n} (t = 1), t = 1 \right) \right], \\
\varphi_1 \left( C_{ji'_n} (t = 2) \right) &= \max_{\substack{C_{ji'_n}^1, \leq C_{ji'_n} \\ (t=2) \leq C_{ji'_n}^1}} \left[ \hat{y}_{ji'_n} \left( C_{ji'_n} (t = 2), t = 2 \right) + \varphi_1 \left( C_{ji'_n}^1 - C_{ji'_n} (t = 2) \right) \right], \\
&\vdots \\
\varphi_1 \left( C_{ji'_n} (t = T) \right) &= \max_{\substack{C_{ji'_n}^1, \leq C_{ji'_n} \\ (t=T) \leq C_{ji'_n}^1}} \left[ \hat{y}_{ji'_n} \left( C_{ji'_n} (t = T), t = T \right) + \varphi_{T-1} \left( C_{ji'_n}^1 - C_{ji'_n} (t = T) \right) \right];
\end{aligned} \tag{2.19}$$

- поиск оптимальных значений для каждой задачи оптимизации из (2.19) путем полного перебора значений  $C_{ji'_n}^1$  на множестве дискретных значений  $C_{ji'_n}^1, \dots, C_{ji'_n}^g, \dots, C_{ji'_n}^G$ ;
- формирование на основе полученных оптимальных значений множества оптимальных стратегий  $C_{ji'_n}(t), t = \overline{1, T}$ ;
- выбор окончательной стратегии  $C_{ji'_n}^*(t_1), t = \overline{1, T}$  из предыдущего множества с привлечением коллектива экспертов [6];
- вычисление прогностических оценок значений показателей при реализации стратегии  $C_{ji'_n}^*(t), t = \overline{1, T}$

$$\hat{y}_{ji'_n}^* = \hat{y}_{ji'_n} \left( C_{ji'_n}^*(t), t \right), t = \overline{1, T}. \tag{2.20}$$

Структурная схема принятия управленческих решений на основе результатов оптимизации балансировки инвестиций по временным периодам с использованием прогностического моделирования приведена на следующем рисунке (Рисунок 2.3 – Структурная схема принятия управленческих решений на основе результатов оптимизации балансировки инвестиций по временным периодам с использованием прогностического моделирования).



Рисунок 2.3 – Структурная схема принятия управленческих решений на основе результатов оптимизации балансировки инвестиций по временным периодам с использованием прогностического моделирования

## **2.4. Структура управления процессом балансировки инвестиций с использованием оптимизационного и прогностического моделирования**

Как показано в п. 1.1 управление процессом балансировки инвестиций осуществляется в рамках нисходящего и восходящего циклов. При этом базовым является нисходящий цикл, который выполняется на основе разработанных оптимизационных моделей. Для формирования этих моделей используются разные виды информационных ресурсов: требования и оценки управляющего центра СОС, ретроспективные мониторинговые данные выполнения предыдущей программы развития, экспертные и прогностические оценки. В зависимости от вида информационного ресурса определяются параметры экстремальных и граничных требований при построении оптимизационных моделей.

Рассмотрим последовательность использования перечисленных ресурсов при выполнении основных этапов управления процессом балансировки инвестиций, направляемых управляющим центром на развитие объектов СОС.

На этапе формирования программы развития, связанном с назначением инвестиций по направлениям программы, в первую очередь используются экспертные оценки потребности в инвестициях каждого объекта СОС по каждому направлению программы развития для формирования граничных требований по выполнению балансового условия на данном уровне.

Параметром, влияющим на формирование граничных требований, является коэффициент значимости влияния инвестиций по каждому направлению программы на развитие каждого объекта. Здесь информационный ресурс – экспертные оценки градаций термов лингвистической переменной и прогнозируемого объема инвестиций. После этого осуществляется переход к оптимизационной модели.

Принятие управленческого решения на основе результатов оптимизационного моделирования состоит в определении подмножества объектов СОС, которым по определенным направлениям выделяются инвестиции в объеме запрашиваемой потребности при формировании граничных требований. Этим завершается первый этап балансировки инвестиций при формировании программы развития СОС.

Следующий этап направлен на распределение выделенных объектам СОС инвестиций между мероприятиями, обеспечивающими достижение значений показателей эффективности развития, определенных управляющим центром. В этом случае используется аналогичная оптимизационная модель. Поскольку экспертное оценивание осуществляется с целью определения потребностей в инвестициях и коэффициентов их значимости для реализации мероприятий по каждому показателю эффективности, то требуется построение оптимизационной модели, учитывающей эти особенности. На основе решения задачи линейного

булевого программирования и экспертных оценок принимается окончательное управленческое решение.

Заключительный этап балансировки связан с распределением инвестиционного ресурса, полученного на предыдущем этапе, между временными периодами. Основой построения оптимизационной модели является возможность вычислять прогностические оценки роста показателей эффективности в зависимости от объема инвестиций, используемых в заданный период времени. Для построения прогностических моделей применяются методы машинного обучения, использующие статистические выборки по результатам мониторинга предыдущей программы развития и экспертного оценивания динамики показателей при реализации новой программы развития. При переходе от решения многомерной задачи оптимизации к перебору вариантов множества одномерных оптимизационных задач возникает неоднозначность, что приводит к необходимости принятия окончательного управленческого решения на основе экспертного оценивания. На следующем рисунке (Рисунок 2.4 – Структурная схема управления процессом балансировки инвестиций при формировании программы развития СОС) приведена структурная схема управления процессом балансировки инвестиций при формировании программы развития СОС на основе перечисленных оптимизационных и прогностических моделей.



Рисунок 2.4 – Структурная схема управления процессом балансировки инвестиций при формировании программы развития СОС

## Выводы второй главы

1. Управление процессом балансировки инвестиций при формировании программы развития СОС целесообразно осуществить на основе совокупности балансовых условий с организацией нисходящего и восходящего циклов обеспечения выполнения этих условий на основе оптимизационного и прогностического моделирования.

2. Эффективность принятия управленческого решения при балансировке инвестиций по направлениям программы развития СОС определяется возможностью учета в оптимизационной модели на уровне экстремального требования экспертных оценок значимости влияния инвестиций на развитие каждого объекта, а на уровне граничного требования – экспертных оценок потребности в инвестиционном ресурсе для достижения заданных управляющим центром показателей.

3. Для распределения объемов инвестиционного ресурса по направлению между затратами на мероприятия, связанные с достижением заданного уровня показателей эффективности, приемлемо использование оптимизационной модели линейного булевого программирования с привлечением экспертных оценок при формализации экстремальных и граничных требований.

4. Основой оптимизации балансировки инвестиций по временным периодам горизонта планирования является прогностическое моделирование, базирующееся на использовании статистических выборок ретроспективной и экспертной информации для машинного обучения зависимости показателей эффективности от объема инвестиций за определенный временной период. Принятие управленческих решений осуществляется за счет перехода от многомерной задачи оптимизации к полному перебору вариантов с использованием эквивалентного множества одномерных оптимизационных задач.

5. Интеграция информационных ресурсов мониторингового и экспертного вида с оптимизационным и прогностическим моделированием для обеспечения выполнения балансовых условий позволяет сформировать единую структурную схему управления процессом балансировки инвестиций при формировании программы развития СОС.

### **3 ОПТИМИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ РЕБАЛАНСИРОВКИ ИНВЕСТИЦИЙ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ РАЗВИТИЯ СЛОЖНОСТРУКТУРИРОВАННОЙ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ**

В процессе реализации программы развития сложноструктурированной организационной системы возникают ситуации, когда для ряда объектов в заданные временные периоды показывают наличие отклонений реальных объемов инвестиций и значений показателей эффективности от запланированного уровня, рассчитанного в процессе балансировки инвестиций на основе оптимизационных моделей, которые разработаны и рассмотрены в п.2. Возникает необходимость корректировки выполнения программы развития на последующие временные периоды, что приводит к ребалансировке инвестиций. Процесс ребалансировки целесообразно осуществлять с использованием оптимизационных моделей.

В первую очередь по отклонениям объемов инвестиций от запланированных реализуется ребалансировка назначения инвестиций объектам по направлениям программы путем коррекции множества объектов, инвестируемых по определенному направлению. При этом значимость инвестиционного ресурса для конкретного объекта зависит от ранговой последовательности по величине упущенной выгоды.

Для скорректированного множества объектов необходимо провести ребалансировку объемов инвестиций, исходя из выделения максимального дополнительного ресурса. Такое требование приводит к многокритериальной оптимизационной задаче. При этом возможны несколько вариантов оптимального решения с учетом различных преобразований оптимизационной модели. Окончательный вариант выбирается с привлечением экспертных оценок.

Ребалансировка инвестиций по временным периодам осуществляется при выявлении отклонения реальных значений по данным мониторинга показателей эффективности развития объекта организационной системы от оптимизированного в процессе ребалансировки. Приемлемо определять отклонение либо в заданный период наблюдения, либо при превышении заданного порога. В обоих случаях корректируется распределение инвестиций по временным периодам с использованием прогностической модели и минимизации отклонений.

Разработанные оптимизационные модели и алгоритмы являются основой принятия решений управляющим центром сложноструктурированной организационной системы при реализации программы развития с учетом результатов периодического мониторинга.

### 3.1 Оптимизация ребалансировки назначения инвестиций по направлениям программы развития

Назначение инвестиций по направлениям программы развития осуществляется на основе балансового условия (2.2) путем решения оптимизационной задачи (2.9). В результате по каждому  $n$ -му направлению определяется подмножество объектов  $i_n = \overline{1, I_n} \in \overline{1, I}$ , которые используют инвестиции  $C_{i_n}^* = C_{i_n}^0$  в рамках программы развития. При этом значения  $C_{i_n}^0, i_n = \overline{1, I_n}$  являются экспертными прогностическими оценками потребности в инвестиционном ресурсе каждого объекта  $i_n = \overline{1, I_n}$ . Распространенной ситуацией при реализации программы развития в течение промежутка времени  $\tau$ , включающего временные периоды  $t = \overline{1, \tau}$ , является освоение инвестиций  $C_{i_n}^*(t)$  рядом объектов  $i'_n = \overline{1, I'_n}$  в неполном объеме. В этом случае для последующих временных периодов  $t = \overline{\tau + 1, T}$  целесообразно провести ребалансировку инвестиций за счёт высвободившегося ресурса

$$\Delta C_n = \sum_{i'_n=1}^{I'_n} \sum_{t=1}^{\tau} (C_{i'_n}^*(t) - C_{i'_n}^P(t))$$

где  $C_{i'_n}^P(t)$  – реально освоенный инвестиционный ресурс в период времени  $t = \overline{1, \tau}$ .

При балансировке назначения инвестиций по направлениям программы развития в (2.2) используются коэффициенты значимости влияния инвестиций по  $n$ -му направлению на развитие  $i$ -го объекта, которые формируются с использованием априорных экспертных оценок (2.8). К моменту времени  $\tau$  известны значения освоенных инвестиций  $C_{i'_n}^P(t)$ , на основе которых предлагается для каждого объекта  $i = \overline{1, I}$  установить упущенную выгоду по  $n$ -му направлению программы развития

$$v_{i(t)}^n = \begin{cases} C_{i'_n}^*(t) - C_{i'_n}^P(t) & \text{для объектов с номерами } i = i'_n, \\ 0 & \text{для объектов с номерами } i = \overline{1, I}, i \neq i'_n. \end{cases} \quad (3.2)$$

Значения (3.2) позволяют определить упущенную выгоду за весь промежуток времени  $t = \overline{1, \tau}$

$$v_i^n = \sum_{t=1}^{\tau} v_{i(t)}^n. \quad (3.3)$$

В свою очередь значения (3.3) дают возможность установить ранговую последовательность объектов в смысле упущенной выгоды с рангами  $r_i^n = \overline{1, I}$ .

Ранг  $r^n = 1$  устанавливается объекту с наибольшей упущенной выгодой, далее следуют объекты с убывающими значениями (3.3) и возрастанием величины ранга на единицу. Затем определяются ранги объектов  $cu_i^n = 0$ . Здесь возрастание величины рангов происходит по мере уменьшения значений коэффициентов значимости  $a_{in}$ .

Кроме рангового ряда  $r^n = \overline{1, I}$  формируется экспертный ранговый ряд, который отражает упорядоченность объектов в смысле упущенной выгоды по  $n$ -му направлению программы развития  $e_i^n = \overline{1, I}$ .

В качестве меры близости ранговых рядов  $r^n$  и  $e^n$  используем коэффициент ранговой корреляции Спирмена.

$$\rho^n = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^I (e_i^n - r_i^n)^2}{I(I^2 - 1)}. \quad (3.4)$$

Совпадению рангового ряда по результатам реализации программы развития и экспертного рангового ряда соответствует значение  $\rho^n = 1$ , что возможно для некоторых направлений развития в редких случаях. Тогда на промежуток времени  $t_1 = \overline{\tau + 1, T\Delta}$  сохраняют назначение, принятое в процессе балансировки инвестиций.

Несовпадение рассматриваемых ранговых рядов при  $-1 \leq \rho^n < 1$  требует изменения назначения инвестиций. Для выполнения процесса ребалансировки предлагается коррекция коэффициентов значимости с учетом значений (3.4). При однонаправленности ранговых рядов  $0 \leq \rho^n < 1$

$$a_{in}^{ck} = \rho^n a_{in} \quad (3.5)$$

При разнонаправленности ранговых рядов  $-1 \leq \rho^n \leq 0$  и значимость необходимо корректировать следующим образом

$$a_{in}^{ck} = (1 + \rho^n) a_{in} \quad (3.6)$$

Значения (3.5), (3.6) используются при формировании экстремального требования процесса ребалансировки с введением оптимизируемых альтернативных переменных

$$z_{in} = \begin{cases} 1, \text{ если } i - \text{ объект целесообразно инвестировать по } n - \text{ му} \\ \quad \text{направлению на промежутке времени } t_1 = \overline{\tau + 1, T_1}, \\ 0, \text{ в противном случае, } i = \overline{1, I}, n = \overline{1, N}. \end{cases} \quad (3.7)$$

Граничные условия направлены на освоение высвободившегося ресурса (3.1) при экспертных оценках потребности  $i$ -го объекта в инвестициях по  $n$ -му направлению на промежуток времени  $t_1 = \overline{\tau + 1, T_1}$ . Окончательно, с учетом условий бипарности (3.7) получаем следующую оптимизационную модель

$$\begin{aligned}
& \sum_{i=1}^I \sum_{n=1}^N a_{in}^{ck} z_{in} \rightarrow \max_{z_{in}}, \\
& \sum_{i=1}^I \sum_{n=1}^N a_{in}^{\tau} z_{in} \leq \sum_{n=1}^N \Delta C_n, \\
& z_{in} = \begin{cases} 1, & i = \overline{1, I}, n = \overline{1, N}. \\ 0 \end{cases}
\end{aligned} \tag{3.8}$$

Оптимизационная модель (3.7) по структуре совпадает с (2.9), поэтому для решения оптимизационной задачи ребалансировки назначения инвестиций по направлениям программы развития на промежуток времени  $t = \overline{\tau + 1, T}$  используется алгоритм, аналогичный рассмотренному в п. 2.3.

В результате получаем назначение инвестиций по направлениям программы развития на промежуток времени  $t = \overline{\tau + 1, T}$ , которые характеризуются следующими нумерационными множествами

$$i''_n = \overline{1, I''_n}, n = \overline{1, N}. \tag{3.9}$$

На следующем рисунке (Рисунок 3.1 – Структурная схема оптимизации ребалансировки назначения инвестиций по направлениям программы развития СОС) приведена структурная схема оптимизации ребалансировки назначения инвестиций по направлениям программы развития.

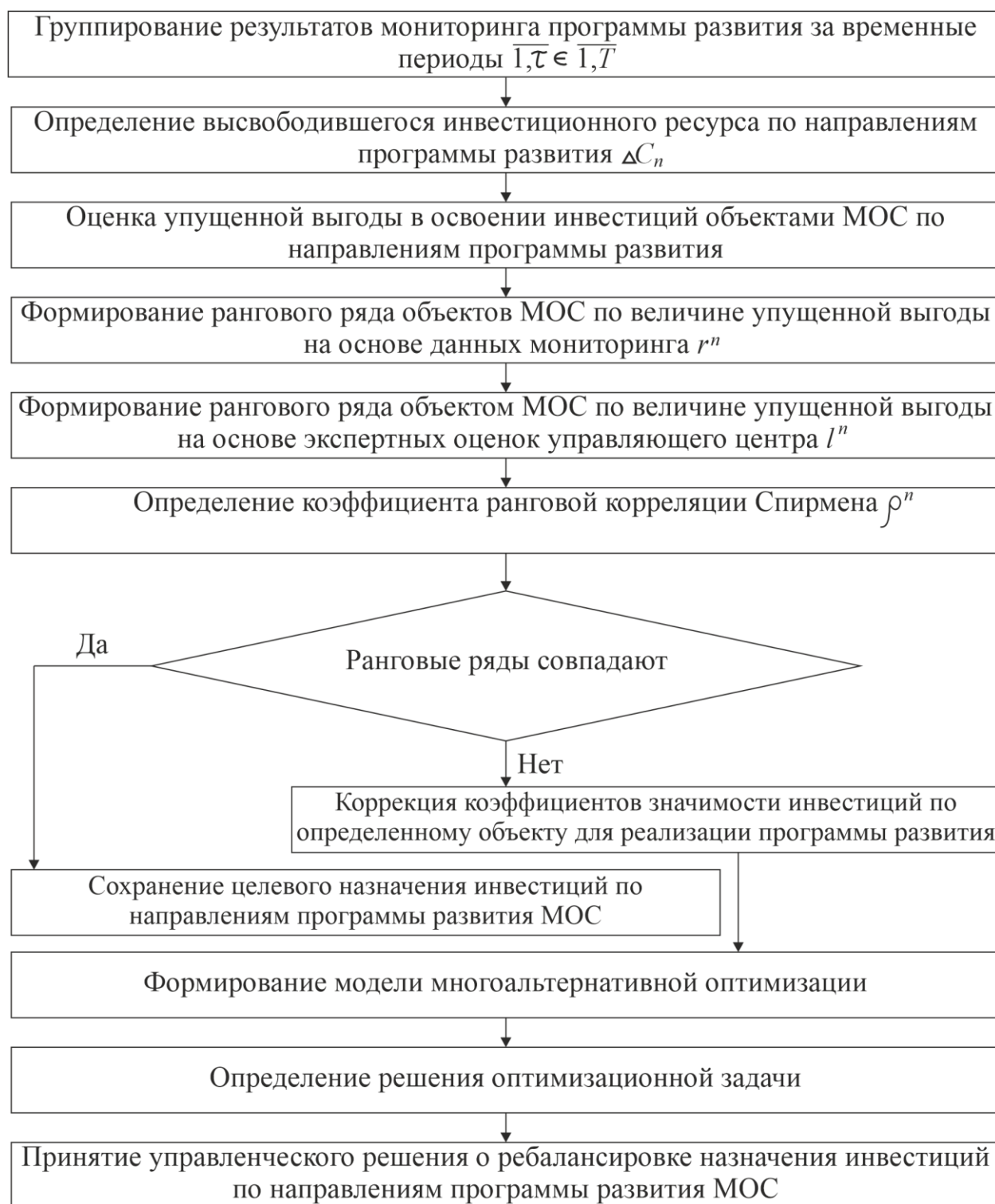


Рисунок 3.1 – Структурная схема оптимизации ребалансировки назначения инвестиций по направлениям программы развития СОС

### 3.2 Оптимизация ребалансировки объемов инвестиций по направлениям программы развития

В п. 3.1 получены нумерационные множества (3.9), которые характеризуют результат процесса ребалансировки в период времени  $t_1 = \tau$ . Он определяет номера тех объектов организационной системы, которые включаются в инвестирование по  $n$ -му направлению. После выполнения указанного этапа ребалансировки следует выполнить второй этап и перераспределить высвободившийся ресурс  $\Delta C_n$  между объектами с номерами  $i_n'' = \overline{1, I_n''}$ , то есть определить дополнительные объемы инвестиций  $C_{i_n''}^D$  на промежуток времени  $t_1 = \overline{\tau + 1, T_1}$ .

Оптимизация ребалансировки объемов заключается в максимально возможном выделении дополнительных инвестиций объектам с номерами  $i_n'' = \overline{1, I_n''}$  по  $n$ -му направлению

$$C_{i_n''}^D \rightarrow \max, i_n'' = \overline{1, I_n''}. \quad (3.10)$$

Требование (3.10) является экстремальным требованием задачи.

Граничные требования определяются балансовым условием

$$\sum_{i_n''=1}^{I_n''} C_{i_n''}^D = \Delta C_n \quad (3.11)$$

и экспертной оценкой интервалов потребности объектов в дополнительном инвестиционном ресурсе

$$C_{i_n''}^{\min} \leq C_{i_n''}^D \leq C_{i_n''}^{\max}. \quad (3.12)$$

Объединяя экстремальные требования (3.10) с граничными (3.11), (3.12) получаем следующую оптимизационную модель

$$\begin{aligned} C_{i_n''}^D &\rightarrow \max, i_n'' = \overline{1, I_n''}, \\ \sum_{i_n''=1}^{I_n''} C_{i_n''}^D &= \Delta C_n, \\ C_{i_n''}^{\min} &\leq C_{i_n''}^D \leq C_{i_n''}^{\max}. \end{aligned} \quad (3.13)$$

Отметим, что из (3.11), (3.12) следует условие

$$\sum_{i''=1}^{I''} C_{i''}^{\min} < \Delta C_n < \sum_{i''=1}^{I''} C_{i''}^{\max}. \quad (3.14)$$

Сгруппируем локальные экстремальные требования (3.10) в виде векторного критерия оптимизации

$$\vec{C}_n = (C_{i_n}^D, \dots, C_{i_n''}^D, \dots, C_{I_n''}^D) \quad (3.15)$$

и преобразуем (3.15) с учетом относительной важности получения дополнительных инвестиций объектами с номерами  $i_n'' = \overline{1, I_n''}$ , которая определяется экспертами управляющего центра сложноструктурированной организационной системы.

Для преобразования векторного критерия оптимальности (3.15) используем положительно линейную трансформацию в вектор

$$\vec{\psi} = (\psi_1, \dots, \psi_{i_n''}, \dots, \psi_{I_n''})$$

с сохранением истинности отношений предпочтения

$$\vec{C}_n \sim \vec{\psi}(\vec{C}_n):$$

$$\psi_{i_n''}(C_{i_n''}^g) = \mathfrak{x}_{i_n''} = (C_{i_n''}^D + b_{i_n''})/\beta_{i_n''} = \alpha_{i_n''} C_{i_n''}^D + \mathfrak{y}_{i_n''} \quad (3.16)$$

$$\text{где } \alpha_{i_n''} = \frac{1}{\beta_{i_n''}} > 0 \text{ и } \mathfrak{y}_{i_n''} = \frac{b_{i_n''}}{\beta_{i_n''}}$$

Учитывая, что в (3.16) сохраняется сравнительная предпочтительность значений векторного критерия  $\vec{C}_n$  (если  $\vec{C}_n > \vec{C}_n$ , то  $\vec{\psi}(C_n') < \vec{\psi}(C_n'')$ , где  $<$  – знак, обозначающий предпочтения вектора слева по отношению к вектору справа), построим новый критерий

$$\vec{\mathfrak{x}} = (\mathfrak{x}_1, \dots, \mathfrak{x}_{i_n''}, \dots, \mathfrak{x}_{I_n''}). \quad (3.17)$$

Компоненты (3.17) связаны с компонентами исходного критерия (3.15) следующим образом

$$C_{i_n''}^D = \beta_{i_n''} \mathfrak{x}_{i_n''} - b_{i_n''}, i_n'' = \overline{1, I_n''}. \quad (3.18)$$

Коэффициент  $\beta_{i_n''}$  выражает балльную оценку важности инвестирования объекта  $i_n''$  по  $n$ -му направлению программы развития СОС.

Если управляющий центр организационной системы определяет для объекта  $i_n''$  большее значение  $\beta_{i_n''}$ , то согласно (3.18) при ребалансировке этому объекту выделяется больший объем инвестиционного ресурса  $C_{i_n''}^D$ . Будем считать, что

$$\beta_{i_n''} = \theta(\vec{G}^{i_n''}, \vec{\lambda}^*) / \sum_{i_n''=1}^{I_n''} \theta(\vec{G}^{i_n''}, \vec{\lambda}^*), \quad (3.19)$$

$$\text{где} \quad \theta(\vec{G}^{i_n''}, \vec{\lambda}^*) = \sum_{m=1}^M \lambda_m^* (\vec{G}^1, \dots, \vec{G}^{i_n''}, \dots, \vec{G}^{I_n''}) G_m^{i_n''}, \quad (3.20)$$

$m = \overline{1, M}$  – нумерационное множество, характеризующее линейное преобразование (3.20).

С использованием коэффициентов  $b_{i_n''} = C_n^0 - C_{i_n''}^{\text{мин}}$  частные критерии оптимальности  $C_{i_n''}$  приводятся к общему началу отсчета  $C^0$ .

В качестве значения объема инвестиций, характеризующего значение начала отсчета  $C^0$  предлагается один из вариантов

$$C_n^0 = \frac{\Delta C_n}{I_n''},$$

$$C_n^0 = \frac{\sum_{i_n''=1}^{I_n''} C_{i_n''}^{\text{мин}}}{I_n''},$$

$$C_n^0 = \min_{i_n''=1, I_n''} (C_{i_n''}^{\text{мин}}).$$

Чем выше значение минимального объема инвестиций  $C_{i_n''}^{\text{мин}}$ , тем меньше значение коэффициента  $b_{i_n''}$  (для некоторых значений  $C_{i_n''}^{\text{мин}}$  коэффициент  $b_{i_n''}$  может принимать отрицательное значение). Таким образом, нижняя оценка  $C_{i_n''}^{\text{мин}}$  с использованием коэффициента  $b_{i_n''}$  трансформируется в информацию о важности инвестирования объекта  $i_n''$  (чем выше нижняя оценка  $C_{i_n''}^{\text{мин}}$ , тем важнее является развитие объекта  $i_n''$  по  $n$ -му направлению с позиций управляющего центра).

Свертывание векторного критерия (3.17) осуществим с использованием принципа гарантированного результата. Тогда после упорядочения объекта СОС по степени возрастания нижних оценок  $\mathfrak{a}_{i_n''}^{\text{мин}}$  получаем следующую оптимизационную модель

$$\begin{aligned} & \max_{\vec{\mathfrak{a}}} \min_{i_n''=1, I_n''} (\mathfrak{a}_{i_n''}), \\ & \sum_{i_n''=1}^{I_n''} \beta_{i_n''} \mathfrak{a}_{i_n''} = R, \end{aligned} \quad (3.21)$$

$$\mathfrak{a}_{i_n''}^{\text{мин}} \leq \mathfrak{a}_{i_n''} \leq \mathfrak{a}_{i_n''}^{\text{макс}}, 0 \leq \mathfrak{a}_1^{\text{мин}} \leq \mathfrak{a}_2^{\text{мин}} \leq \dots \leq \mathfrak{a}_{i_n''}^{\text{мин}} \leq \mathfrak{a}_{I_n''}^{\text{мин}}, \quad (3.22)$$

$$\sum_{i''=1}^{I''} \beta_{i''} \mathfrak{a}_{i''}^{\min} < \sum_{i''=1}^{I''} \beta_{i''} \mathfrak{a}_{i''}^{\max},$$

где

$$\mathfrak{a}_{i''}^{\min} = (\mathfrak{a}_{i''}^{\max} + b_{i''})/\beta_{i''}, \mathfrak{a}_{i''}^{\max} = (\mathfrak{a}_{i''}^{\max} + b_{i''})/\beta_{i''}, R = \Delta C_n + \sum_{i''=1}^{I''} b_{i''}.$$

Доказано, что оптимальным решением (3.21) является вектор  $\vec{\mathfrak{a}}^*$  с компонентами:

$$\mathfrak{a}_{i''}^* = \begin{cases} \mathfrak{a}_0, i'' = \overline{1, w} \in \overline{1, I''}; \\ \mathfrak{a}_{i''}^{\min}, i'' = \overline{w, I''}, \end{cases} \quad (3.23)$$

где

$$\tau_0 = (R + \sum_{i''=w+1}^{I''} \beta_{i''} \mathfrak{a}_{i''}^{\min}) / \sum_{i''=1}^w \beta_{i''}.$$

$w$  – наибольшее значение индекса  $i''$ , при котором выполняется неравенство

$$\left( R - \sum_{i''=w+1}^{I''} \beta_{i''} \mathfrak{a}_{i''}^{\min} \right) \sum_{i''=1}^{i''} \beta_{i''} \geq \mathfrak{a}_{i''}, i'' = \overline{1, I''}$$

Исходя из обоснования оптимального решения (3.23) в [], предлагается проблемная ориентация алгоритмизации поиска этого решения для ребалансировки объемов инвестиций по направлениям в виде последовательности следующих шагов.

1. С учетом упорядоченной последовательности компонентов вектора  $\vec{\mathfrak{a}}$  (3.22) поиск начнем с объекта организационной системы в этой последовательности, имеющей индекс  $I''$

$$i'' = I'', R_{in} = R.$$

2. Проверяем условие оптимальности

$$(R_w / \sum_{i''=1}^{i''} \beta_{i''}) \geq \mathfrak{a}_w^{\min},$$

$$\text{тогда } \mathfrak{a}_{i''}^* = R_{i''} / \sum_{i''=1}^{i''} \beta_{i''}, i'' = \overline{1, I''}. \quad (3.24)$$

$$\text{Если } \mathfrak{a}_l^* \leq \min_{i''=1, i''} \mathfrak{a}_{i''}^{\max} = \mathfrak{a}_q^{\max}, q = \overline{1, Q} < I'', l = 1, i'',$$

то задача (3.23) решена. В противном случае переходим к шагу 3.

3. Полагаем  $\mathfrak{a}'_q = \mathfrak{a}_q^{\max}$ ;  $R = R - \beta_q \mathfrak{a}_q^{\max}$  и исключаем  $q$ -ю компоненту из дальнейшего рассмотрения.
4. Вводим новую нумерацию для оставшихся компонентов  $\mathfrak{a}_{i''}$  в порядке возрастания нижних оценок  $\mathfrak{a}_{i''}^{\min}$ , повторяем все вычисления с шага 2.
5. Если на очередном этапе задача 2 решена и определены оптимальные значения  $\mathfrak{a}_{i''}^*$  (3.24), получаем оптимальную ребалансировку объемов инвестиций по  $n$ -му направлению программы развития СОС для  $i'' = \overline{1, I''_n}$  объектов

$$C_{i''}^{D*} = \beta_{i''} \mathfrak{a}_{i''}^* - b_{i''}, i'' = \overline{1, I''_n}. \quad (3.25)$$

6. Решение (3.25) рассматривается экспертами управляющего центра СОС. Если оно соответствует их оценкам влияния  $C_{i''}^{D*}$  на развитие  $i''$ -го объекта, то ребалансировка осуществляется в соответствии с этим решением. В противном случае предлагается перейти экспертам к многовариантному выбору при выполнении условия, что объем неиспользованного инвестиционного ресурса меньше минимальной суммарной потребности в нем объектов  $i'' = \overline{1, I''_n}$

$$\Delta C_n < \sum_{i''=1}^{I''_n} C_{i''}^{\min}. \quad (3.26)$$

7. Формируется новая многокритериальная задача оптимизации процесса ребалансировки, исходя из условия (3.26) на основе невязки между значениями объемов ресурсов  $C_{i''}^D$  и их нижними оценками  $C_{i''}^{\min}$

$$\max (C_{i''}^D - C_{i''}^{\min}), i'' = \overline{1, I''_n} \quad (3.27)$$

при условии, что

$$\sum_{i''=1}^{I''_n} C_{i''}^D = \Delta C_n, 0 \leq C_{i''}^D \leq C_{i''}^{\max}, i'' = \overline{1, I''_n}.$$

8. Осуществляется преобразование задачи (3.27) в экстремальную задачу, реализующую принцип гарантированного результата. Для этого значения частных критериев в (3.27) сделаем неотрицательными путем суммирования с константой

$$C^{\min} = \max_{i''=1, I''_n} C_{i''}^{\min}$$

и введем для них положительное линейное преобразование

$$\mathfrak{a}_{i''}^g = (C_{i''}^g + \rho_{i''}) / \beta_{i''},$$

где  $\rho_{i_n''} = (C^{\text{мин}} - C_{i_n''}^{\text{мин}})$ .

В результате имеем следующую оптимизационную задачу

$$\begin{aligned} \max_{\bar{x}} \min_{i_n''=1, I_n''} (x_{i_n''}), \\ \sum_{i_n''=1}^{I_n''} \beta_{i_n''} x_{i_n''} = R, x_{i_n''}^{\text{мин}} \leq x_{i_n''} \leq x_{i_n''}^{\text{макс}}, i_n'' = \overline{1, I_n''}, \\ 0 \leq x_1^{\text{мин}} \leq x_2^{\text{мин}} \leq \dots \leq x_{I_n''}^{\text{мин}}, \end{aligned} \quad (3.28)$$

где

$$R = \Delta C_n + \sum_{i_n''=1}^{I_n''} \rho_{i_n''}; x_{i_n''}^{\text{мин}} = \rho_{i_n''} / \beta_{i_n''}; x_{i_n''}^{\text{макс}} = (C_{i_n''}^{\text{макс}} + \rho_{i_n''}) / \beta_{i_n''}.$$

9. Для решения (3.28) возвращаемся к шагам 1-4, но с новыми параметрами. В результате получаем  $x_{i_n''}^*$  и в соответствии с (3.25) новый вариант ребалансировки объемов инвестиций по  $n$ -му направлению программы развития

$$C_{i_n''}^{Д*}, i_n'' = \overline{1, I_n''}. \quad (3.29)$$

10. С учетом условия (3.26) формируются три дополнительных варианта ребалансировки, ориентированные на потребности объектов  $C_{i_n''}^{\text{мин}}, i_n'' = \overline{1, I_n''}$ :

пропорциональный

$$C_{i_n''}^{Д*} = \begin{cases} C_{i_n''}^{\text{мин}}, \text{ если } \Delta C_n \geq \sum_{i_n''=1}^{I_n''} C_{i_n''}, \\ \frac{C_{i_n''}^{\text{мин}}}{\sum_{i_n''=1}^{I_n''} C_{i_n''}^{\text{мин}}} \Delta C_n, \text{ если } \Delta C_n < \sum_{i_n''=1}^{I_n''} C_{i_n''}^{\text{мин}}; \end{cases} \quad (3.30)$$

на основе обратных приоритетов

$$C_{i_n''}^{Д*} = \begin{cases} C_{i_n''}^{\text{мин}}, \text{ если } \Delta C_n \geq \sum_{i_n''=1}^{I_n''} C_{i_n''}, \\ \min \left( C_{i_n''}^{\text{мин}}, \frac{\frac{a_{i_n''}^{ck}}{C_{i_n''}^{\text{мин}}}}{\sum_{i_n''=1}^{I_n''} \frac{a_{i_n''}^{ck}}{C_{i_n''}^{\text{мин}}}} \right), \text{ если } \Delta C_n < \sum_{i_n''=1}^{I_n''} C_{i_n''}^{\text{мин}}; \end{cases} \quad (3.31)$$

параметрический

$$C_{i_n''}^{Д*} = C_{i_n''}^{мин} - \sigma \left( \left( \max_{i_n''=1, I_n''} a_{i_n''}^{ck} \right) - a_{i_n''}^{ck} \right), \quad (3.32)$$

где параметр  $\sigma$  имеет размерность объема инвестиций и определяется из условия

$$\sum_{i_n''=1}^{I_n''} C_{i_n''}^{Д*} = \Delta C_n.$$

11. Эксперты сравнивают между собой варианты (3.25), (3.29) - (3.32) и выбирают тот, который в наибольшей степени согласуется с целями управляющего центра СОС.

На следующем рисунке (Рисунок 3.2 – Структурная схема оптимизации ребалансировки объемов инвестиций по направлениям программы развития СОС) приведена структурная схема оптимизации ребалансировки объемов инвестиций по направлениям программы развития СОС.

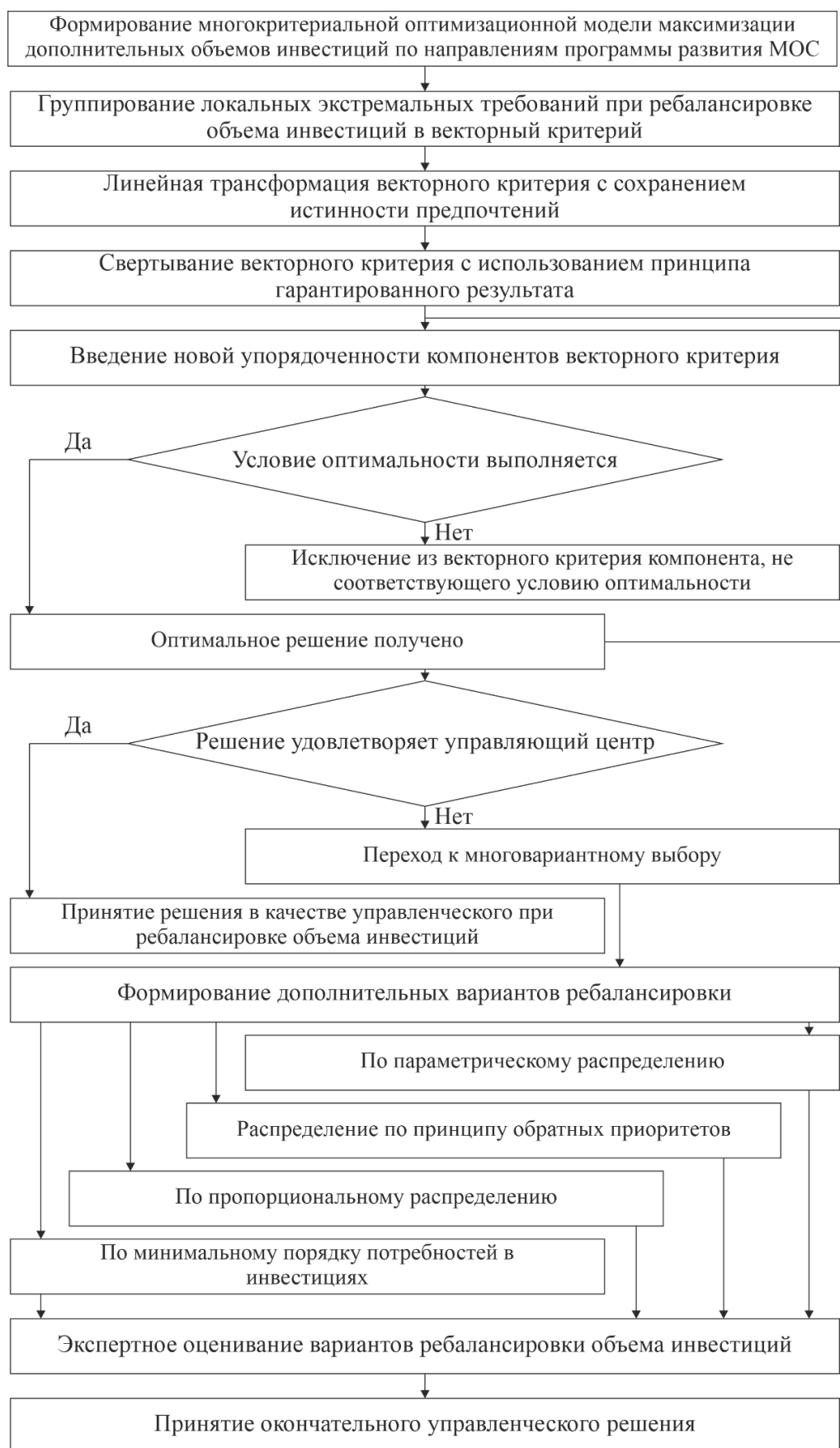


Рисунок 3.2 – Структурная схема оптимизации ребалансировки объемов инвестиций по направлениям программы развития СОС

### 3.3 Оптимизация ребалансировки инвестиций по временным периодам программы развития с использованием прогностического моделирования

Оптимизационное моделирование процесса ребалансировки по временным периодам программы развития СОС свяжем с необходимостью корректировки распределения инвестиций  $C_{ji''}^*(t), t = \overline{1, T}$  таким образом, чтобы выполнить балансовое условие (2.4) и обеспечить минимальное отклонение мониторируемого показателя  $y_{ji''}^M(t)$  от соответствующего оптимальному решению (2.20)

$$\Delta y_{ji''}(t_1) = y_{ji''}^*(t_1) - y_{ji''}^M(t_1) > 0, \quad (3.33)$$

где  $i'' = \overline{1, I''}$  - множество объектов, инвестируемых по -му направлению, для которых выявлено отклонение.

При этом рассмотрим два способа ребалансировки в случае выявления отклонения (3.33):

– в заданный временной период  $t = \tau$

$$\Delta y_{ji''}(t = \tau) = y_{ji''}^*(t = \tau) - y_{ji''}^M(t = \tau); \quad (3.34)$$

– при превышении порогового значения в момент времени  $t = \tau_1$

$$\Delta y_{ji''}(t = \tau_1) = y_{ji''}^*(t = \tau_1) - y_{ji''}^M(t = \tau_1) \geq \delta, \quad (3.35)$$

где  $\delta > 0$  – пороговое значение величины отклонения (3.33), установленное управляющим центром.

В этих случаях оптимизационные модели аналогичны (2.18), но для периодов времени  $t > \tau$  либо  $t > \tau_1$ . При этом изменяются экстремальное и граничное требования. Перераспределить инвестиции  $C_{ji''}^*(t)$  надо таким образом, чтобы минимизировать отклонение (3.34) либо (3.35). Соответственно граничное требование при отклонении (3.34) на временные периоды  $t = \overline{\tau + 1, T}$

$$\sum_{t=\tau+1}^T C_{ji''}(t) = C_{i''}^{D*}$$

при условии превышения отклонения (3.35) на временные периоды  $t = \overline{\tau_1 + 1, T}$

$$\sum_{t=\tau_1+1}^T C_{ji''_n}(t) = C_{i''_n}^{A*}.$$

В результате оптимизационная модель процесса ребалансировки в случае выявления отклонения в заданный момент времени  $t_1 = \tau$  имеет вид:

$$\begin{aligned} \sum_{t=\tau+1}^T [y_{ji''_n}^*(t) - \hat{y}_{ji''_n}(C_{ji''_n}(t), t)] &\rightarrow \min_{C_{ji''_n}(t), t=\tau+1, T}, \\ \sum_{t=\tau+1}^T C_{ji''_n}(t) &= C_{ji''_n}, \\ C_{ji''_n}(t) &= C_{ji''_n}^1(t), \dots, C_{ji''_n}^g(t), \dots, C_{ji''_n}^G(t), t = \overline{\tau+1, T}, \end{aligned} \quad (3.36)$$

где прогностические оценки  $\hat{y}_{ji''_n}$  определяются аналогично (2.11) с дополнительным включением в обучающую выборку для построения прогностической модели значений

$$y_{ji''_n}(t), t = \overline{1, T_1 + \tau}.$$

В случае превышения порогового значения по условию (3.35) имеем:

$$\begin{aligned} \sum_{t=\tau_1+1}^T [y_{ji''_n}^*(t_1) - \hat{y}_{ji''_n}(C_{ji''_n}(t), t)] &\rightarrow \min_{C_{ji''_n}(t), t=\tau_1+1, T}, \\ \sum_{t=\tau_1+1}^{T_1} C_{ji''_n}(t) &= C_{ji''_n}, \\ C_{ji''_n}(t) &= C_{ji''_n}^1(t), \dots, C_{ji''_n}^g(t), \dots, C_{ji''_n}^G(t), t = \overline{\tau_1+1, T}, \end{aligned} \quad (3.37)$$

где прогностические оценки  $\hat{y}_{ji''_n}$  определяются также аналогично (2.11) с дополнительным включением в обучающую выборку для построения прогностической модели значений

$$y_{ji''_n}(t), t = \overline{1, T + \tau_1}.$$

За счет перехода от задач оптимизации (3.36), (3.37) к множеству одномерных задач оптимизации (2.19) выбираем скорректированные значения инвестиций

$$C_{ji''}^{\text{CK}}(t), t = \overline{\tau + 1, T} \quad (3.38)$$

либо

$$C_{ji''}^{\text{CK}}(t), t = \overline{\tau_1 + 1, T} \quad (3.39)$$

Прогностические оценки на основе оптимального решения (3.38) либо (3.39)

$$\begin{aligned} y_{ji''}^{\tau*}(t_1) &= y_{ji''} \left( C_{ji''}^{\text{CK}}(t), t \right), t = \overline{\tau + 1, T}, \\ y_{ji''}^{\tau_1*}(t_1) &= y_{ji''} \left( C_{ji''}^{\text{CK}}(t), t \right), t = \overline{\tau_1 + 1, T}. \end{aligned}$$

Позволяют осуществлять процесс ребалансировки по условиям (3.34), (3.35) на временном периоде  $t > \tau$  либо  $t > \tau_1$ .

Таким образом, использование оптимизационных моделей (3.36), (3.37) позволяет провести ребалансировку инвестиций при реализации программы развития как в случае выявления отклонений от оптимальной стратегии в заданный момент времени, так и в случае превышения заданного порога отклонения.

Структурная схема оптимизации ребалансировки инвестиций по временным периодам программы развития СОС приведена на следующем рисунке (Рисунок 3.3 – Структурная схема оптимизации ребалансировки инвестиций по временным интервалам программы развития СОС).



Рисунок 3.3 – Структурная схема оптимизации ребалансировки инвестиций по временным интервалам программы развития СОС

### 3.4 Структура управления процессом ребалансировки инвестиций с использованием оптимизационного и прогностического моделирования

Управление процессом ребалансировки инвестиций в рамках программы развития СОС основывается на использовании следующих информационных ресурсов:

1. Результаты мониторингового оценивания освоения объектами запланированных при балансировке инвестиций за периоды времени  $t = \overline{1, T}$ :
  - по  $n$ -му направлению ( $n = \overline{1, N}$ )  $C_{i_n}^p(t), i_n = \overline{1, I_n}$ ;
  - для достижения  $j = \overline{1, J}$  показателями эффективности заданного уровня  $C_{ji_n}(t)$ ;
  - достигнутых значений показателей  $y_{ji_n}^m(t)$ .
2. Оптимальные решения на основе оптимизационных моделей балансировки инвестиций в рамках программы развития СОС:
  - распределение объемов инвестиций объектов по направлениям при заданном горизонте планирования  $t = \overline{1, T} - C_{i_n}^*, i_n = \overline{1, I_n}$ ;
  - распределение объемов инвестиций на достижение значений показателей  $j = \overline{1, J}$  заданного уровня по временным периодам  $t = \overline{1, T} - C_{ji_n}^*(t)$ ;
  - значения показателей, соответствующие оптимальным объемам инвестиций,  $- y_{ji_n}^*(t)$ .
3. Экспертные оценки:
  - упорядоченности объектов СОС в смысле упущенной выгоды по направлениям программы развития с величинами рангов  $e_i^n = \overline{1, I}$ ;
  - интервала потребности в дополнительном ресурсе (3.12);
  - при многовариантном выборе – потребности объемов инвестиций объектам по направлениям программы развития;
  - пороговое значение величины отклонения показателей – б.
4. Результаты мониторингового оценивания показателей эффективности в рамках предыдущей программы развития в промежуток времени  $t_1 = \overline{1, T_1} - y_{j_1 i_{n_1}}^m(t_1)$ .

Процесс управления включает анализ информационных ресурсов, оценку условий перехода к ребалансировке инвестиций и принятие управленческих решений на основе оптимизационных моделей, разработанных в п. 3.1-3.3.

Для использования оптимизационной модели ребалансировки по направлениям программы развития анализ информации включает сравнение планируемых объемов инвестиций  $C_{ji_n}^*(t)$   $i$ -му объекту по  $n$ -му направлению при

горизонте планирования  $t = \overline{1, T}$ , полученных на основе оптимизационных моделей балансировки, и реально освоенных  $C_{i_n}^p(t)$  по результатам мониторингового оценивания в периоды времени  $t = \overline{1, \tau} < T$ .

Последующая оценка заключается в определении:

- подмножеств объектов  $i'_n = \overline{1, I'_n}$ , которые освоили инвестиции не в полном объеме за период времени  $t = \overline{1, \tau}$ ;
- объема высвободившегося инвестиционного ресурса  $\Delta C_n$ ;
- рангового ряда по величине реальной упущенной выгоды каждым из объектов  $r^n = \overline{1, I}$ ;
- экспертного рангового ряда  $e^n = \overline{1, I}$ ;
- коэффициента ранговой корреляции Спирмена  $\rho^n$ ;
- скорректированных коэффициентов значимости  $a_{i_n}^{ck}$ .

Принятие управленческих решений о назначении инвестиций по направлениям программы развития на промежуток времени  $t = \overline{\tau + 1, T}$  на основе оптимизационной модели для тех объектов  $i''_n = \overline{1, I''_n}$ , для которых значение оптимизируемых альтернативных переменных  $z_{i_n}^* = 1$ .

При оптимизации процесса ребалансировки объемов инвестиций анализ информации включает сравнение планируемых объемов инвестиций для объектов  $i'' = \overline{1, I''} - C_{i_n}^*(t)$ ,  $t = \overline{1, \tau} < T$  и реально освоенных по результатам мониторинга  $C_{i_n}^p(t)$ . Последующая оценка состоит в определении:

- Балансового условия между дополнительными инвестициями объектам с номерами  $i'' = \overline{1, I''} - C_{i_n}^D$  и объемом высвободившегося инвестиционного ресурса  $\Delta C_n$ ;
- Интервала потребности в дополнительном ресурсе на основе экспертных оценок  $C_{i_n}^{\min}, C_{i_n}^{\max}$ .

Принятие управленческого решения  $C_{i_n}^{D*}$  осуществляется путем многовариантного выбора с привлечением экспертов, когда варианты сформированы путем разных требований: гарантированного результата, невязки, пропорционального и параметрического распределений, распределения на основе обратных приоритетов.

Оптимизация ребалансировки инвестиций по временным периодам программы развития базируется на сравнительном анализе временных рядов значений показателей эффективности  $y_{ji_n}(t)$  по результатам мониторинга  $y_{ji_n}^M(t)$  и на основе решения оптимизационной задачи балансировки  $y_{ji_n}^*(t)$ . Одновременно фиксируются значения объемов инвестиций  $C_{ji_n}(t)$ . Эти данные объединяются по показателям эффективности предыдущей программы развития в

статистические выборки для машинного обучения прогностической модели  $y_{ji''}(C_{ji''}(t), t)$  Условия перехода к процессу ребалансировки оцениваются по величине отклонения мониторируемых показателей от оптимальных значений  $y_{ji''}^*(t)$  либо в заданный момент  $\tau$ , либо в момент  $\tau_1$  превышения порогового значения.

Для построения оптимизационной модели оценивается отклонение прогностических оценок по модели  $y_{ji''}(C_{ji''}(t), t)$  от  $y_{ji''}^*(t)$  либо в периоды времени  $t = \overline{\tau + 1, T}$ , либо  $t = \overline{\tau_1 + 1, T}$ .

Принятие управленческих решений осуществляется на основе задач оптимизации по корректировке распределения дополнительного ресурса по временным периодам программы развития либо  $t = \overline{\tau + 1, T}$ , либо  $t = \overline{\tau_1 + 1, T}$ .

Перечисленные этапы ребалансировки дают возможность обеспечить выполнение балансовых условий, рассмотренных в п. 2.1, после выявления отклонений от планируемых инвестиций и показателей эффективности программы развития СОС.

Структурная схема принятия управленческих решений по ребалансировке инвестиций программы развития СОС приведена на следующем рисунке (Рисунок 3.4 – Структурная схема принятия управленческих решений по ребалансировке инвестиций).



Рисунок 3.4 – Структурная схема принятия управленческих решений по ребалансировке инвестиций

## **Выводы третьей главы**

1. Принятие управленческого решения при ребалансировке назначения инвестиций по направлениям программы развития целесообразно осуществлять на основе оптимизационной модели распределения высвободившегося ресурса в случае освоения инвестиций в неполном объеме с учетом сравнительной оценки ранговых рядов объектов по величине упущенной выгоды с использованием мониторинговой информации и экспертных мнений, направленной на коррекцию значимости дополнительного ресурса для повышения эффективности развития объектов СОС.

2. Оптимизация назначения инвестиций по направлениям программы развития позволяет перейти к принятию управленческих решений по ребалансировке объемов инвестиционного ресурса для выделенного множества объектов, исходя из требования максимизации этих объемов при установленных управляющим центром граничных требований. При этом решение задачи многокритериальной оптимизации с использованием принципа гарантированного результата является не единственным вариантом управленческого решения, что определяет необходимость многовариантного выбора на основе экспертных оценок.

3. Для управления процессом ребалансировки объемов инвестиций по временным периодам программы развития приемлемым подходом является оптимизация распределения дополнительного инвестиционного ресурса в зависимости от отклонения значений показателей эффективности, полученных по результатам мониторинга, от запланированных при формировании программы. При этом в оптимизационной модели используются прогностические оценки значений показателей на будущие после ребалансировки временные периоды, которые получены в результате машинного обучения на основе статистических выборок по результатам мониторинга.

4. Комплекс оптимизационных моделей ребалансировки инвестиций при реализации программы развития СОС обеспечивает эффективное управление процессом перераспределения инвестиционного ресурса в соответствии со структурной схемой, включающей анализ информационных ресурсов, оценку условий поэтапного перехода к ребалансировке инвестиций и принятие управленческих решений, обеспечивающих восстановление нарушенных балансовых условий на будущие временные периоды.

#### **4 ПРИМЕНЕНИЕ РАЗРАБОТАННЫХ МОДУЛЕЙ, АЛГОРИТМОВ И ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ В ПРАКТИКЕ УПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЕМ СЛОЖНОСТРУКТУРИРОВАННОЙ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ**

В п. 1.4 обоснована структура системы управления инвестированием развития СОС. Интеллектуальная поддержка традиционного режима экспертного принятия управленческих решений организована на основе интеграции оптимизационного и прогностического моделирования. В п. 2,3 разработаны модели и алгоритмы принятия решений, соответствующие задачам оптимизации балансировки и ребалансировки инвестиций. Реализация модельных средств, сопряженных с информационной системой мониторинга программы развития СОС, стандартными пакетами программ машинного обучения прогностических моделей и решения задач оптимизации и вводом экспертной информации.

Разработка программных средств позволяет перейти к их использованию в практике управления реальными СОС. Одним из классов сложноструктурированных организационных систем являются региональные организационные системы аграрного профиля. Для них характерно повышение эффективности деятельности за счет инвестирования в рамках долгосрочных программ развития по целому ряду направлений. При этом инвестирование по направлению рассматривается как отдельный проект, взаимодействующий с другими проектами для обеспечения заданных управляющим центром целей и требований к программе развития в целом.

#### **4.1. Структура программных средств оптимизации балансировки и ребалансировки инвестиций**

Программные средства разрабатываются с позиций преобразования требований управляющего центра к программе развития СОС, экспертных оценок, результатов мониторингового оценивания в компьютерную реализацию решений по распределению инвестиций в соответствии с балансовыми условиями.

В рамках поставленной задачи реализовано три основных модуля, которые рассчитывают необходимые данные, параметры используя построенные ранее математические модели. С их использованием, а также использованием стандартных библиотек для машинного обучения, мы получаем прогнозирование оптимального распределения инвестиционных средств по направлениям и временным периодам программы развития сложноструктурированной организационной системы аграрного профиля.

Рассмотрим следующие модули:

- Модуль 1 “Оптимизация назначения инвестиций по направлениям программы развития сложноструктурированной организационной системы”.
- Модуль 2 “Оптимизация распределения объема инвестиций по направлениям программы развития сложноструктурированной организационной системы”.
- Модуль 3 “Оптимизация распределения инвестиций по временным периодам программы развития сложноструктурированной организационной системы”.

Каждый модуль основывается на алгоритмах оптимизации инвестиций, как при формировании, так и при реализации программы развития. При этом используются соответственно оптимизационные модели балансировки и ребалансировки инвестиций. Для реализации модулей 1, 2 требуется обращение к стандартному пакету программ оптимизации, включающему метод ветвей и границ. Для реализации модуля 3 требуется машинное обучение прогностической модели. С этой целью организуется обращение к стандартному пакету машинного обучения.

Рассмотрим структуру каждого модуля.

Модуль 1 “Оптимизация назначения инвестиций по направлениям программы развития сложноструктурированной организационной системы” включает программные реализации следующих блоков преобразований:

- выбора режима оптимизации: балансировки с переходом к (1.2) или ребалансировки с переходом к (1.9) - (1.1);
- перехода к оптимизации балансировки инвестиций (1.2);

- введения требований управляющего центра по направлениям программы развития СОС (1.3);
- экспертного оценивания термов лингвистической переменной. Допустимо изменить показатели развития  $i$ -го объекта ( $i = \overline{1, I}$ ) в соответствии с требованием 1.2 за счет инвестирования  $n$ -го ( $n = \overline{1, N}$ ) направления программы развития (1.3);
- вычисления значений функции принадлежности лингвистической переменной (1.4);
- определения коэффициентов значимости инвестирования  $i$ -го объекта ( $i = \overline{1, I}$ ) по  $n$ -му ( $n = \overline{1, N}$ ) направлению программы развития (1.5);
- представления параметров оптимизационной модели булевого программирования в формате стандартной программы метода ветвей и границ (1.6);
- обращения к стандартному пакету программ оптимизации и получение решения (1.7);
- формирование на основании решения (1.7) множества объектов, для которых наиболее эффективно инвестирование по  $n$ -му ( $n = \overline{1, N}$ ) направлению программы развития (1.8);
- перехода к оптимизации ребалансировки инвестиций (1.9);
- введения результатов мониторинга реализации программы развития по объемам освоения инвестиций за временные периоды  $t = \overline{1, \tau}$ , указанные управляющим центром (1.10);
- определение объема неосвоенных средств по  $n$ -му ( $n = \overline{1, N}$ ) направлению (1.11);
- установления объемов упущенной выгоды по каждому множеству объектов  $i_n = \overline{1, I_n}$ ,  $n = \overline{1, N}$ , установленному в (1.8), (1.12);
- формирования рангового ряда  $r_n^i$  объектов по величине упущенной выгоды (1.13);
- введения экспертных оценок упущенной выгоды по каждому  $i$ -му объекту (1.14);
- формирования рангового ряда  $e_n^i$  объектов на основе экспертных оценок (1.15);
- вычисление коэффициента ранговой корреляции Спирмена (1.16);
- коррекции коэффициентов значимости от знака значения коэффициента ранговой корреляции и перехода к (1.6), (1.7), (1.17);
- формирования на основании решения (1.7) с учетом (1.17) множеств объектов, инвестируемых по  $n$ -му направлению программы развития в результате ребалансировки по временным периодам  $t = \overline{\tau + 1, T}$  (1.18).

Данный модуль позволяет оптимизировать назначение инвестиций по направлениям программы развития сложноструктурированной организационной

системы (COC). Разработан на основе языка программирования Python с использованием стандартных библиотек. В основе модуля лежит использование модели, разработанной ранее для вычисления данных.

Сначала идет процесс загрузки в него таблицы формата `xlsx` с начальными параметрами. После получения данных происходит их обработка встроенными функциями, с вычислением всех необходимых параметров и процессов.

В результате на выход подается таблица с оптимизированными результатами назначения инвестиций по направлениям программы развития.

Модуль 2 “Оптимизация распределения объема инвестиций по направлениям программы развития сложноструктурированной организационной системы” включает программные реализации следующих блоков преобразований:

- выбора режима оптимизации: балансировки с переходом к (2.2) или ребалансировки с переходом к (2.11) - (2.1);
- перехода к оптимизации балансировки объектов инвестиций (2.2);
- введения требований управляющего центра к уровню показателей эффективности программы развития (2.3);
- введения множеств объектов по направлениям программы развития, полученных в (1.8) модуля 1 (2.4);
- экспертная оценка потребности в инвестициях объектов  $C_{i_n}^0$ ,  $i_n = \overline{1, I_n}$ ,  $n = \overline{1, N}$  и мероприятий, способствующих росту  $j$ -го показателя  $C_{ji_n}^0$  (2.5);
- экспертного оценивания термов лингвистической переменной  $< \text{Допустимо изменить } j\text{-й показатель развития } (j = \overline{1, J}) \text{ } i\text{-го объекта } (i = \overline{1, I}) \text{ в соответствии с требованиями программы развития по } n\text{-му направлению} >$  (2.6);
- вычисления значений функции принадлежности лингвистической переменной (2.7);
- определения коэффициентов значимости инвестирования мероприятий, способствующих росту  $j$ -го показателя для  $i$ -го объекта по  $n$ -му направлению (2.7);
- представления параметров оптимизационной модели булевого программирования в формате стандартной программы метода ветвей и границ (2.8);
- обращения к стандартному пакету программ оптимизации и получение решения (2.9);
- определения объема инвестиций на мероприятия, способствующие росту  $j$ -го показателя для  $i$ -го объекта по  $n$ -му направлению программы развития (2.10);
- перехода к оптимизации ребалансировки инвестиций (2.11);

- введения нумерационных множеств объектов  $i_n'' = \overline{1, I_n''}$ ,  $n = \overline{1, N}$  в соответствии с (1.7), инвестируемых по  $n$ -му направлению на временные периоды  $t = \overline{\tau + 1, T}$  (2.12);
- введения значений объемов неосвоенных средств, определенных в (1.11) по  $n$ -му направлению,  $n = \overline{1, N}$  (2.13);
- введения экспертных оценок границ интервалов потребности объектов в дополнительном инвестиционном ресурсе  $C_{i_n''}^{\min}$ ,  $C_{i_n''}^{\max}$  (2.14);
- введения экспертных оценок параметров линейной трансформации максимизируемого вектора дополнительных объемов инвестиций каждого объекта по  $n$ -му направлению  $b_{i_n''}$ ,  $\beta_{i_n''}$  (2.15);
- упорядочения последовательности компонентов, полученных на основе линейной трансформации с параметрами (2.15) для нового вектора многокритериальной оптимизации (2.16);
- проверки условия оптимальности (3.24): если выполнена, фиксация оптимального решения; в противном случае переход к (2.18) - (2.17);
- исключения нового вектора, не отвечающего условию оптимальности, из дальнейшего рассмотрения компонента (2.18);
- введения новой упорядоченности оставшихся компонентов и переход к (2.17) - (2.19);
- фиксации результатов максимальной ребалансировки объемов инвестиций по  $n$ -му направлению программы развития СОС (2.20);
- экспертная оценка удовлетворения решения (2.20): если положительная, то принятие управленческого решения; в противном случае – проверка условия, что объем неиспользованного инвестиционного ресурса меньше минимальной суммарной потребности в нем объектов и при выполнении переход к (2.24) - (2.23);
- линейная трансформация компонентов векторного критерия невязки между значениями объемов дополнительных ресурсов и их нижними оценками (2.24);
- перехода к выполнению последовательности (2.16) - (2.20) - (2.25);
- формирования дополнительных вариантов ребалансировки: пропорционального, на основе обратных приоритетов, параметрического (2.26);
- сравнительная оценка экспертами вариантов (2.25), (2.26) и выбора окончательного управленческого решения (2.27).

Данный модуль позволяет оптимизировать распределение объема инвестиций в сложноструктурированных организационных системах (СОС) по направлениям программы развития. Разработан на основе языка программирования Python с использованием стандартных библиотек. В основе

модуля лежит использование модели, разработанной ранее для вычисления данных.

Сначала идет процесс загрузки в него таблицы формата *xlsx* с начальными параметрами. После получения данных происходит их обработка встроенными функциями, с вычислением всех необходимых параметров и процессов.

В результате на выход подается таблица с оптимизированным распределением инвестиционных средств по направлениям программы развития.

Модуль 3 “Оптимизация распределения инвестиций по временным периодам программы развития сложноструктурированной организационной системы” включает программные реализации следующих блоков преобразований:

- выбора режима оптимизации: балансировки с переходом к (3.2) или ребалансировки с переходом к (3.13) - (3.1);
- перехода к оптимизации балансировки инвестиций (3.2);
- введения требований управляющего центра значений показателей эффективности развития СОС с заданным горизонтом планирования  $t = \overline{1, T}$  (3.3);
- введения мониторинговой информации по результатам выполнения предыдущей программы развития СОС в форме временных рядов  $C_{j'i'n}(t_1), y_{j'i'n}(t_1), t_1 = \overline{1, T_1}$  (3.4);
- обращения к стандартному пакету программ машинного обучения и формирования прогностических моделей по ретроспективным временным рядам (3.4)  $\hat{C}_{j'i'n}(t), y_{j'i'n}(t), t = \overline{1, T}$  (3.5);
- обращения к стандартному пакету программ машинного обучения и формирования по выборке (3.5) модели  $\hat{y}_{j'i'n} = f_1(\hat{C}_{j'i'n})$  – (3.6);
- введения экспертных оценок прогнозирования потребности в инвестициях  $\hat{C}_{j''i'n}(t)$  и соответствующих значений показателей эффективности  $\hat{y}_{j''i'n}(t)$  – (3.7);
- обращения к стандартному пакету программ машинного обучения и формирования по выборкам (3.7) модели  $\hat{y}_{j''i'n} = f_2(\hat{C}_{j''i'n})$  – (3.8);
- экспертного оценивания дискретных значений, характеризующих объемы инвестиций  $C_{j'i'n}^g(t), C_{j''i'n}^g(t), g = \overline{1, G}$  (3.9);
- введения дополнительных граничных условий по объемам инвестиций (3.10);
- организация полного перебора дискретных значений объемом инвестиций при последовательном учете дополнительных граничных условий и получением многовариантного решения (3.11);

- формирования окончательного управленческого решения по балансировке инвестиций и плановым значениям показателей эффективности с использованием экспертного многовариантного выбора (3.12);
- введения результатов мониторинга за временные периоды  $t = \overline{1, \tau}$  по освоению инвестиций и изменению показателей эффективности развития  $i''$ -го объекта СОС по  $n$ -му направлению (3.13);
- вычисления отклонения значений показателей в соответствии с (3.13) от значений этих же показателей в соответствии с (3.12) - (3.14);
- выбора временного периода ребалансировки  $\tau$  при выявлении отклонения (3.14) по  $j$ -му показателю  $i''$ -го объекта  $i''_n = \overline{1, I''_n}$  (3.15);
- введения дополнительно к (3.4) мониторинговой информации за временные периоды  $t = \overline{1, \tau}$  :
  - $C_{j'i''_n}(t_1), y_{j'i''_n}(t_1), t_1 = \overline{1, T_1}$ ;
  - $C_{j'i''_n}(t), y_{j'i''_n}(t), t = \overline{1, \tau}$ ; (3.16);
- выполнения (3.5), (3.6) для временных периодов  $t = \overline{1, \tau}$  (3.17);
- выполнения (3.7)-(3.9) для временных периодов  $t = \overline{1, \tau}$  (3.18);
- введения результатов (2.10) для временных периодов  $t = \overline{\tau + 1, T}$  (3.19);
- выполнения (3.11), (3.12) для временных периодов  $t = \overline{\tau + 1, T}$  (3.20);
- выбора временного периода ребалансировки  $\tau_1$  при заданном управляющим центром порогового значения величины отклонения -го показателя эффективности (3.21);
- выполнения (3.14) – (3.20) для временных периодов  $t = \overline{\tau_1 + 1, T}$  (3.22).

На разработанные программные модули получены сертификаты о государственной регистрации в Роспатенте [№ 2025682139, 21.08.2025].

Взаимодействие модулей с информационной системой мониторинга, стандартными пакетами программ машинного обучения и оптимизации в рамках системы управления инвестированием программы развития СОС, предложенной в п. 1.4, приведена на следующем рисунке (Рисунок 4.1 – Структурная схема взаимодействия разработанных программных модулей в рамках системы управления инвестированием развития СОС).

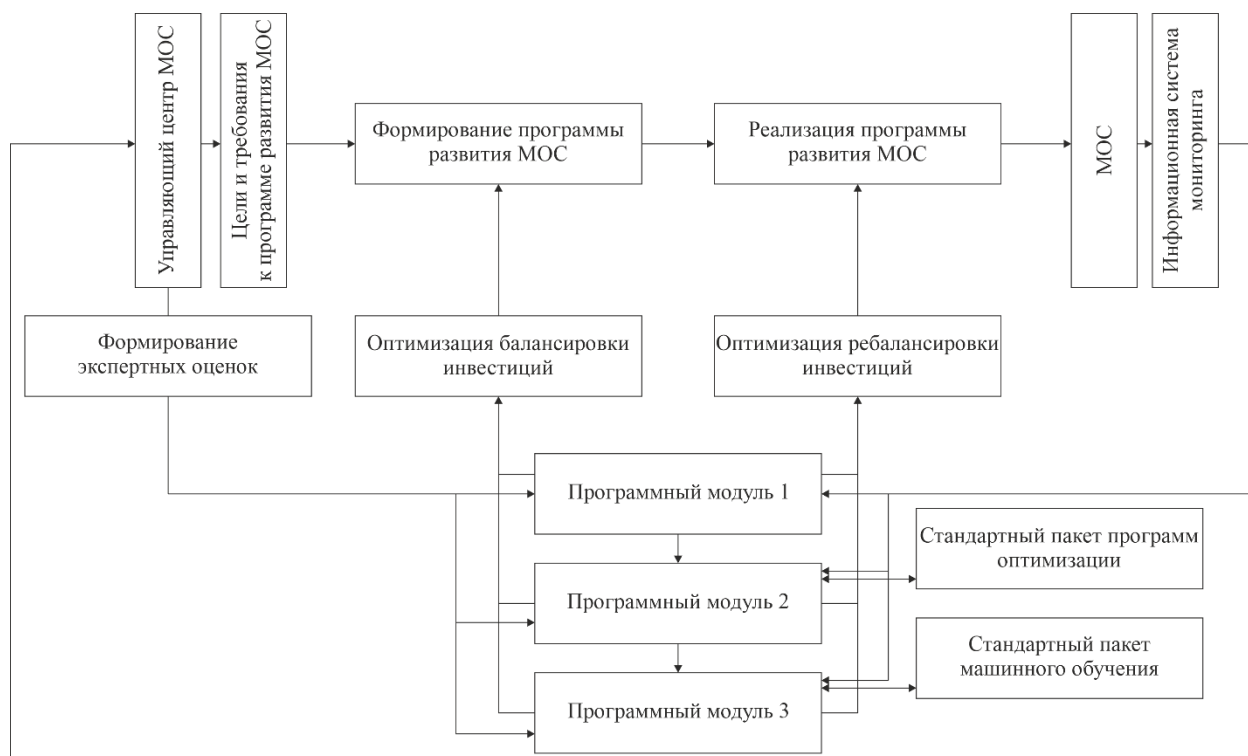


Рисунок 4.1 – Структурная схема взаимодействия разработанных программных модулей в рамках системы управления инвестированием развития СОС

## **4.2 Структура программы развития региональной сложноструктурированной организационной системы аграрного профиля**

Рассмотрим конкретную программу развития, с которой будем работать в рамках реализации программных средств. Распределение инвестиционных средств из федерального бюджета по сельскохозяйственным предприятиям осуществляется на основе установленной Правительством Российской Федерации процедуры, регулируемой специальными нормативными актами и федеральными законами. Основным принцип распределения — адресность и прозрачность, чтобы обеспечить равноправие всех субъектов и объективность выделения денежных средств.

Процесс начинается с утверждения федеральной программы развития сельского хозяйства, в которой определяются приоритетные направления, критерии отбора и порядок распределения субсидий. Затем формируются планы действий, утверждаемые министерством сельского хозяйства РФ, определяющие конкретные объёмы финансирования и ожидаемые результаты.

Субъекты Российской Федерации, заинтересованные в получении средств, предоставляют заявки, содержащие подробную информацию о предприятии, предлагаемом проекте, ожидаемом эффекте и необходимом объёме финансирования. Заявки проходят конкурсный отбор, осуществляемый специальной комиссией. Критерии отбора включают экономические показатели предприятия, значимость проекта для региона и наличие гарантий возвратности средств.

После прохождения конкурсного отбора, субъекты получают уведомления о результатах конкурса и переходят к этапу заключения договоров с федеральным органом исполнительной власти. Далее денежные средства поступают непосредственно на счета предприятий, участвующих в конкурсе. Использоваться они могут исключительно на заранее оговорённые цели, такие как модернизация производства, приобретение техники и оборудования, строительство и ремонт производственных объектов, введение инновационных технологий и прочие мероприятия, способствующие развитию и модернизации сельского хозяйства.

Контроль за использованием средств осуществляется независимыми аудиторами и представителями государственных органов. Нарушение условий использования субсидий ведёт к возвращению денег в бюджет и наложению штрафных санкций.

На процесс воспроизводства инвестиционной деятельности в сельском хозяйстве оказывают влияние как особенности самой инвестиционной деятельности, так и объекта, в котором она осуществляется. Таким образом можно выделить такие особенности инвестирования в рамках агропромышленного

комплекса, как недостаточное количество выделяемых средств при наличии большого числа направлений и программ развития для распределения.

В различных случаях имеется множество целей для распределения инвестиционных средств. В случае сложноструктурированных организационных систем аграрного профиля, например, может быть рассмотрено как множество направлений в рамках региона, так и множество разнообразных организаций соответствующего направления в пределах одного направления. При этом и без того небольшое количество распределяемых инвестиций в рамках агропромышленного комплекса распределяется по огромному количеству направлений. Инвестиционные вложения призваны приносить прибыль, соответственно, хотя распределение средств на множество различных проектов и призвано уменьшить риски и вероятность убытков, это не является гарантией, так как все распределения находятся в рамках одного профиля деятельности.

Реинвестирование в сельскохозяйственных предприятиях подразумевает повторное вложение средств, полученных от субсидий, обратно в развитие бизнеса. Субсидии, предоставляемые государством, предназначены для поддержки агропромышленного комплекса и повышения его конкурентоспособности. Получатели субсидий обязаны использовать эти средства строго по назначению, направленному на развитие конкретных направлений сельскохозяйственного производства.

Распределение субсидий осуществляется Министерством сельского хозяйства Российской Федерации в соответствии с установленными правилами и нормативными актами. Каждый субъект Российской Федерации получает определенную квоту субсидий, основанную на объеме произведенной продукции, количестве занятых в сельском хозяйстве и других показателях. Средства распределяются преимущественно на проекты, соответствующие следующим критериям:

- поддержка приоритетных направлений агропромышленного комплекса
- осуществление мероприятий по развитию инфраструктуры агропродовольственного рынка
- повышение производительности и эффективности производства.

Полученные субсидии могут быть использованы для различных целей, таких как:

- покупка новой техники и оборудования
- строительство и модернизация производственных помещений
- проведение мелиорации и улучшение качества земли
- выплата заработной платы работникам и компенсация затрат на энергоносители.

Важно отметить, что каждая форма реинвестирования должна быть документально обоснована и согласована с соответствующими органами власти.

Государство оказывает активную поддержку сельскохозяйственному сектору, предоставляя субсидии и льготы. Например, в 2025 году предусмотрен объем субсидий на поддержку приоритетных направлений агропромышленного комплекса в размере 507,4 млрд рублей. Эти средства будут направлены на развитие следующих направлений:

- молочное и мясное скотоводство
- овощеводство и садоводство
- производство кормов и кормовых добавок
- аквакультура и рыбоводство.

Кроме того, предусмотрена специальная поддержка для регионов Сибири и Дальнего Востока, где развитие сельского хозяйства сталкивается с особыми проблемами, связанными с суровыми климатическими условиями и удаленностью от центральных регионов.

Особое внимание уделяется льготному кредитованию сельскохозяйственных товаропроизводителей. Программа льготного кредитования позволяет получать краткосрочные и инвестиционные займы на выгодных условиях. Основная цель данной программы — облегчить доступ к финансированию для небольших и средних фермерских хозяйств, которые испытывают трудности с привлечением банковских кредитов.

Таким образом важно заметить, что реинвестирование в сельскохозяйственных предприятиях играет важную роль в обеспечении устойчивого развития агропромышленного комплекса. Эффективное использование субсидий позволяет фермерам и сельскохозяйственным предприятиям расширить производство, внедрить новые технологии и повысить конкурентоспособность на внутреннем и международном рынках. Государственная поддержка в виде субсидий и льготного кредитования является мощным инструментом для достижения этих целей

Для проведения реинвестирования возможно использование автоматизированного подхода. Однако стоит понимать, что использование такового не будет определено эффективным, по причине того, что аграрный профиль является более зависимым от экспертных оценок, чем от прогнозных значений. Но даже в таких условиях использования такого метода автоматизации, как, например, нейросетевой анализ, а также применение различных интеллектуальных информационных систем может принести существенную пользу при работе с инвестициями.

Также, нужно обратить внимание на такую вещь, как рефинансирование. Рефинансирование в агропромышленном комплексе — это процедура замены действующих долговых обязательств новыми кредитами с лучшими условиями для

сельскохозяйственных предприятий и индивидуальных предпринимателей. Рефинансирование направлено на упрощение долгового бремени, предоставление дополнительного финансирования и оптимизацию структуры задолженностей.

В рамках государственной программы поддержки АПК, предприятия могут обратиться за процедурой рефинансирования для погашения старых кредитов, часто по завышенным ставкам или с жесткими условиями возврата. Льготные кредитные схемы позволяют уменьшить финансовую нагрузку и повысить ликвидность, предоставляя сельскохозяйственным предприятиям возможность продолжать развитие и расширение бизнеса.

Рефинансирование позволяет сельскохозяйственным предприятиям сосредоточиться на основной деятельности, минимизировать финансовые риски и улучшить свое положение на рынке. Это важная мера государственной поддержки, призванная сохранить и развить аграрный сектор страны.

Для исследования применения разработанных моделей, алгоритмов и программных средств в практике управления развитием СОС аграрного профиля охарактеризуем структуру государственной программы Воронежской области “Развитие сельского хозяйства, производства пищевых продуктов и инфраструктуры агропродовольственного рынка” (Программа), которая направлена на комплексное развитие агропромышленного комплекса региона, повышение эффективности использования земельных и других ресурсов, а также обеспечение продовольственной безопасности и улучшение социально-экономических условий проживания на сельских территориях.

Программа включает  $n = \overline{1,6}$  направлений (подпрограмм):

- $n = 1$  – развитие отраслей и техническая модернизация агропромышленного комплекса;
- $n = 2$  – развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения Воронежской области;
- $n = 3$  – комплексное развитие сельских территорий Воронежской области;
- $n = 4$  – обеспечение эпизоотического и ветеринарно-санитарного благополучия на территории Воронежской области;
- $n = 5$  – повышение эффективности государственного надзора за техническим состоянием самоходных машин и других видов техники в Воронежской области;
- $n = 6$  – обеспечение реализации государственной программы.

Программа выполняется в два этапа:

- Этап 1 –  $t_1 = \overline{1,9}$ ;  $t_1 = 1 - 2014$ ; ... ;  $t_1 = 9 - 2022$ ;
- Этап 2 –  $t_1 = \overline{1,7}$ ;  $t_1 = 1 - 2023$ ; ... ;  $t_1 = 7 - 2030$ .

Программой определено  $i = \overline{1,5}$  объектов (исполнителей):

- $i = 1$  – департамент аграрной политики Воронежской области;
- $i = 2$  – департамент дорожной деятельности Воронежской области;
- $i = 3$  – департамент строительной политики Воронежской области;
- $i = 4$  – управление ветеринарии Воронежской области;
- $i = 5$  – управление государственного технического надзора Воронежской области.

Целью государственной программы является:

- укрепление позиций хозяйствующих субъектов Воронежской области на национальных рынках высокотехнологичной промышленной и сельскохозяйственной продукции;
- обеспечение роста уровня жизни сельского населения, создание комфортной среды его жизнедеятельности, повышение престижа проживания и работы в сельской местности.

Выполнение поставленной цели обеспечивается достижением требований управляющего центра к  $j = \overline{1,15}$  показателям для этапа 2 на 2023-2030 годы с учетом влияния на достижение национальных целей развития Российской Федерации:

- $y_1$  - индекс производства продукции сельского хозяйства (в сопоставимых ценах) к уровню 2020 года, процентов;
- $y_2$  - индекс производства пищевых продуктов (в сопоставимых ценах) к уровню 2020 года, процентов;
- $y_3$  - индекс физического объема инвестиций в основной капитал сельского хозяйства, процентов к предыдущему году;
- $y_4$  - рентабельность сельскохозяйственных организаций (с учетом субсидий), процентов;
- $y_5$  - среднемесячная начисленная заработная плата работников сельского хозяйства (без субъектов малого предпринимательства), рублей;
- $y_6$  - индекс производительности труда в сельском хозяйстве к уровню 2020 года, процентов;
- $y_7$  - доля сельского населения в общей численности населения Воронежской области, процентов;
- $y_8$  - доля общей площади благоустроенных жилых помещений в сельских населенных пунктах, процентов;
- $y_9$  - соотношение среднемесячных располагаемых ресурсов сельского и городского домохозяйств, процентов;
- $y_{10}$  - обеспечение темпа роста валового внутреннего продукта страны выше среднемирового при сохранении макроэкономической стабильности;
- $y_{11}$  - обеспечение темпа устойчивого роста доходов населения и уровня пенсионного обеспечения не ниже инфляции;

- $y_{12}$  - реальный рост инвестиций в основной капитал не менее 70 процентов по сравнению с показателем 2020 года;
- $y_{13}$  - реальный рост экспорта несырьевых неэнергетических товаров не менее 70 процентов по сравнению с показателем 2020 года;
- $y_{14}$  - увеличение численности занятых в сфере малого и среднего предпринимательства, включая индивидуальных предпринимателей и самозанятых, до 25 млн. человек;
- $y_{15}$  - улучшение жилищных условий семей ежегодно и увеличение объема жилищного строительства.

Показатели  $y_1 \div y_9$  являются базовыми в рамках региональной Программы;  $y_{10} \div y_{14}$  – обеспечивают достижение национальной цели “Достойный эффективный труд и успешное предпринимательство”,  $y_{15}$  – национальной цели “Комфортная и безопасная среда для жизни”.

В Программе дополнительно с привязкой базовых показателей  $j = \overline{1,9}$  к  $i = \overline{1,5}$  объектам и  $n = \overline{1,6}$  направлениям ( $y_{jin}$ ) осуществлена привязка к подпрограммам (проектам)  $g_i = \overline{1, G_n}$  и мероприятиям  $h_{g_n} = \overline{1, H_{g_n}}$  по каждому направлению.

Рассмотрим привязку с целью проведения вычислительного эксперимента в п. 1.3 для направления  $n = 1$  “Развитие отраслей и техническая модернизация агропромышленного комплекса”.

Для  $n = 1$  имеем  $g_1 = \overline{1,9}$  подпрограмм:

- $g_1 = 1$  – Акселерация субъектов малого и среднего предпринимательства;
- $g_1 = 2$  – Экспорт продукции АПК;
- $g_1 = 3$  – Стимулирование развития приоритетных подотраслей агропромышленного комплекса и развитие малых форм хозяйствования;
- $g_1 = 4$  – Поддержка сельскохозяйственного производства по отдельным подотраслям растениеводства и животноводства;
- $g_1 = 5$  – Поддержка производителей зерновых культур;
- $g_1 = 6$  – Развитие сельского туризма;
- $g_1 = 7$  – Развитие пищевой и перерабатывающей промышленности Воронежской области;
- $g_1 = 8$  – Стимулирование инвестиционной деятельности в агропромышленном комплексе;
- $g_1 = 9$  – Стимулирование увеличения производства картофеля и овощей.

По каждой подпрограмме определяются комплексные процессные мероприятия, на реализацию которых осуществляется инвестирование с

привязкой к объектам (исполнителям) в рамках программы развития с целью достижения требований к показателям эффективности  $y_{jinh}$ .

По подпрограмме  $g_1 = 1$  имеем следующий набор мероприятий  $h_{11} = \overline{1,3}$ :

- $h_{111}$  – Предоставление грантов "Агrostартап" в форме субсидий на реализацию проектов создания и (или) развития хозяйств;
- $h_{112}$  – Предоставление субсидий на создание и развитие сельскохозяйственных потребительских кооперативов;
- $h_{113}$  – Предоставление субсидий на обеспечение деятельности и достижение показателей эффективности центра компетенций в сфере сельскохозяйственной кооперации и поддержки фермеров.

По подпрограмме  $g_1 = 2$  имеем следующий набор мероприятий  $h_{12} = \overline{1,4}$ :

- $h_{121}$  – Предоставление субсидий на стимулирование увеличения производства масличных культур;
- $h_{122}$  – Предоставление субсидий на возмещение части затрат на гидромелиоративные;
- $h_{123}$  – Предоставление субсидий на возмещение части затрат на культуротехнические мероприятия;
- $h_{124}$  – Предоставление субсидий бюджетным учреждениям, подведомственным управлению ветеринарии Воронежской области, на возмещение понесенных затрат при реализации мероприятий, направленных на создание условий для получения аккредитации в национальной системе аккредитации и (или) расширения их области аккредитации.

По подпрограмме  $g_1 = 3$  имеем следующий набор мероприятий  $h_{13} = \overline{1,7}$ :

- $h_{131}$  – Предоставление грантов в форме субсидий крестьянским (фермерским) хозяйствам и индивидуальным предпринимателям, являющимся главами крестьянских (фермерских) хозяйств, на развитие семейных ферм;
- $h_{132}$  – Предоставление грантов в форме субсидий сельскохозяйственным потребительским кооперативам, за исключением сельскохозяйственных кредитных потребительских кооперативов, на развитие материально-технической базы;
- $h_{133}$  – Предоставление грантов в форме субсидий в целях реализации проектов "Агропрогресс";
- $h_{134}$  – Предоставление субсидий сельскохозяйственным товаропроизводителям, а также организациям и индивидуальным предпринимателям, осуществляющим производство, первичную и (или)

последующую (промышленную) переработку сельскохозяйственной продукции;

- $h_{135}$  – Предоставление субсидий сельскохозяйственным товаропроизводителям на возмещение части затрат на поддержку собственного производства молока;
- $h_{136}$  – Предоставление субсидий сельскохозяйственным товаропроизводителям на возмещение части затрат на обеспечение прироста маточного товарного поголовья крупного рогатого скота специализированных мясных пород;
- $h_{137}$  – Предоставление субсидий сельскохозяйственным товаропроизводителям на обеспечение части затрат на обеспечение прироста объема молока.

По подпрограмме  $g_1 = 4$  имеем следующий набор мероприятий  $h_{14} = \overline{1,19}$ :

- $h_{141}$  – Предоставление субсидий сельскохозяйственным товаропроизводителям на возмещение части затрат на проведение агротехнологических работ, на повышение плодородия и качества почв, занятых зерновыми культурами;
- $h_{142}$  – Предоставление субсидий сельскохозяйственным товаропроизводителям на возмещение части затрат на проведение агротехнологических работ, на повышение плодородия и качества почв, занятых семенными посевами;
- $h_{143}$  – Предоставление субсидий сельскохозяйственным товаропроизводителям на возмещение части затрат на поддержку элитного семеноводства;
- $h_{144}$  – Предоставление субсидий сельскохозяйственным товаропроизводителям на возмещение части затрат на уплату страховых премий;
- $h_{145}$  – Предоставление субсидий сельскохозяйственным товаропроизводителям на поддержку племенного животноводства;
- $h_{146}$  – Предоставление субсидий сельскохозяйственным товаропроизводителям на возмещение части затрат на развитие животноводства (поголовье крупного рогатого скота);
- $h_{147}$  – Предоставление субсидий сельскохозяйственным товаропроизводителям на возмещение части затрат на развитие животноводства (поголовье овец и коз);
- $h_{148}$  – Предоставление субсидий сельскохозяйственным товаропроизводителям на возмещение части затрат на развитие животноводства (племенной молодняк);

- $h_{149}$  – Предоставление субсидий сельскохозяйственным товаропроизводителям на возмещение части затрат на развитие животноводства (крупный рогатый скот не старше 24 месяцев);
- $h_{1410}$  – Предоставление субсидий на возмещение части затрат за приобретенное поголовье сельскохозяйственных животных гражданами, ведущими личное подсобное хозяйство;
- $h_{1411}$  – Предоставление субсидий сельскохозяйственным товаропроизводителям на возмещение части затрат на поддержку аквакультуры (рыбоводства);
- $h_{1412}$  – Предоставление субсидий сельскохозяйственным товаропроизводителям на возмещение части затрат на развитие свеклосахарной отрасли;
- $h_{1413}$  – Предоставление субсидий сельскохозяйственным товаропроизводителям на возмещение части затрат на производство семян;
- $h_{1414}$  – Предоставление субсидий сельскохозяйственным товаропроизводителям на возмещение части затрат на развитие производства органической продукции;
- $h_{1415}$  – Предоставление субсидий сельскохозяйственным товаропроизводителям на возмещение части затрат на проектирование и внедрение эколого-ландшафтных систем земледелия;
- $h_{1416}$  – Предоставление грантов сельскохозяйственным потребительским кооперативам для реализации доходогенерирующих проектов;
- $h_{1417}$  – Предоставление субсидий сельскохозяйственным товаропроизводителям на возмещение части затрат на проведение геномной оценки племенной ценности крупного рогатого скота;
- $h_{1418}$  – Предоставление субсидий сельскохозяйственным товаропроизводителям на возмещение затрат на разработку и реализацию проектов по биологизации земледелия;
- $h_{1419}$  – Предоставление субсидий сельскохозяйственным товаропроизводителям на возмещение части затрат на приобретение техники и оборудования для агропромышленного комплекса, произведенных на территории Воронежской области.

По подпрограмме  $g_1 = 5$  имеем следующий набор мероприятий  $h_{15} = 1$ :

- $h_{151}$  – Предоставление субсидий на возмещение производителям зерновых культур части затрат на производство и реализацию зерновых культур;

По подпрограмме  $g_1 = 6$  имеем следующий набор мероприятий  $h_{16} = 1$ :

- $h_{161}$  – Предоставление грантов в форме субсидий на развитие сельского туризма;

По подпрограмме  $g_1 = 7$  имеем следующий набор мероприятий  $h_{17} = \overline{1,2}$ :

- $h_{171}$  – Предоставление субсидий российским организациям на возмещение части процентной ставки по инвестиционным кредитам на переработку продукции растениеводства и животноводства;
- $h_{172}$  – Предоставление субсидий предприятиям пищевой и перерабатывающей промышленности АПК на возмещение части затрат на приобретение высокотехнологичного оборудования.

По подпрограмме  $g_1 = 8$  имеем следующий набор мероприятий  $h_{18} = \overline{1,5}$ :

- $h_{181}$  – Предоставление субсидий сельскохозяйственным товаропроизводителям на возмещение части затрат на уплату процентов по инвестиционным кредитам;
- $h_{182}$  – Предоставление субсидий сельскохозяйственным товаропроизводителям на возмещение части прямых понесенных затрат на создание и (или) модернизацию хранилищ;
- $h_{183}$  – Предоставление субсидий сельскохозяйственным товаропроизводителям на возмещение части прямых понесенных затрат на создание и (или) модернизацию животноводческих комплексов молочного направления;
- $h_{184}$  – Предоставление субсидий сельскохозяйственным товаропроизводителям на маркировочное оборудование для выпуска молока;
- $h_{185}$  – Предоставление субсидий организациям, реализующим особо значимые инвестиционные проекты.

По подпрограмме  $g_1 = 9$  имеем следующий набор мероприятий  $h_{19} = \overline{1,5}$ :

- $h_{191}$  – Предоставление субсидий сельскохозяйственным товаропроизводителям на возмещение части затрат на проведение агротехнологических работ;
- $h_{192}$  – Предоставление субсидий сельскохозяйственным товаропроизводителям на возмещение части затрат на поддержку элитного семеноводства картофеля и овощных культур;
- $h_{193}$  – Предоставление субсидий сельскохозяйственным товаропроизводителям на возмещение части затрат на производство овощей защищенного грунта;
- $h_{194}$  – Предоставление субсидий сельскохозяйственным товаропроизводителям на возмещение части затрат на поддержку производства картофеля и овощей открытого грунта;
- $h_{195}$  – Предоставление субсидий сельскохозяйственным товаропроизводителям на возмещение части прямых понесенных затрат на создание и (или) модернизацию хранилищ.

Таким образом, рассмотрев основные данные по инвестиционной деятельности в сельском хозяйстве, приступим к разработке программных средств, которые позволят нам реализовать корректное и оптимальное распределение инвестиционных средств по направлениям программы развития аграрного комплекса и временным периодам, с учетом построенных нами ранее моделей.

Оценка результативности применения разработанных моделей, алгоритмов и программных средств осуществляется путем сравнения результатов вычислительных экспериментов по оптимизации балансировки и ребалансировки инвестиций с плановыми и мониторируемыми объемами освоенных инвестиций и достигнутыми уровнями показателей эффективности в рамках действующей программы развития региональной СОС аграрного профиля.

### 4.3 Результаты применения в практике управления сложноструктурированной организационной системы аграрного профиля

Характеризация программы развития сложноструктурированной организационной системы аграрного профиля Воронежской области позволяет получить следующие результаты, связанные с применением прогностического и оптимизационного моделирования:

#### 1. Двухэтапность программы

Мониторинг объемов инвестиций и динамики показателей эффективности на этапе 1 с временными периодами  $t_1 = \overline{1,9}$  позволяет обучить прогностическую модель, на основе которой осуществляется оптимизационное моделирование для этапа 2 с временными периодами  $t = \overline{1,7}$  в соответствии с п. 2.3, 3.3.

Распределение направлений Программы развития  $n = \overline{1,6}$  между  $i = \overline{1,5}$ , представляющими собой административные структуры, которые отвечают за реализацию мероприятий подпрограмм (Таблица 4.1 – Распределение направлений программы развития между объектами СОС).

Таблица 4.1 – Распределение направлений программы развития между объектами СОС

| Направление, $n$<br>Объект СОС, $i$ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-------------------------------------|---|---|---|---|---|---|
| 1                                   | + | + | + |   |   | + |
| 2                                   |   |   | + |   |   |   |
| 3                                   |   |   |   | + |   |   |
| 4                                   |   |   |   | + |   | + |
| 5                                   |   |   |   |   | + | + |

2. Балансировка инвестиций по временным интервалам на основе экспертного оценивания. В следующей таблице (Таблица 4.2 – Результаты экспертной оценки распределения интегрального ресурса по временным периодам) приведены результаты балансировки интегрального инвестиционного ресурса  $C = 67.413.887$  тыс. руб. по временным периодам  $t = \overline{1,8}$ .

Таблица 4.2 – Результаты экспертной оценки распределения интегрального ресурса по временным периодам

| $t$                | 1            | 2           | 3           | 4         | 5           | 6           | 7           | 8           |
|--------------------|--------------|-------------|-------------|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| $C(t)$ (тыс. руб.) | 10.048.329,1 | 8.349.358,3 | 8.145.316,7 | 8.183.529 | 8.181.888,9 | 8.169.191,2 | 8.163.092,2 | 8.173.181,7 |

3. Детализация направлений развития  $n = \overline{1,6}$  по подпрограммам и комплексным процессным мероприятиям. В следующей таблице (Таблица 4.3 – Детализация направления  $n = 1$  на подпрограммы и мероприятия) приведено разбиение на подпрограммы направления  $n = 1 - g_1 = \overline{1,9}$ , каждая из которых включает в себя определенное количество мероприятий  $h_{g_1} = \overline{1, H_{g_1}}$ .

Таблица 4.3 – Детализация направления  $n = 1$  на подпрограммы и мероприятия

| $g_1$     | 1 | 2 | 3 | 4  | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-----------|---|---|---|----|---|---|---|---|---|
| $H_{g_1}$ | 3 | 4 | 7 | 19 | 1 | 1 | 2 | 5 | 5 |

4. Привязка показателей эффективности развития организационной системы к подпрограммам развития. В следующей таблице (Таблица 4.4 – Распределение показателей эффективности развития организационной системы между подпрограммами по направлению  $n = 1$ ) указано, на достижение каких показателей ориентированы подпрограммы  $g_1 = \overline{1,9}$ .

Таблица 4.4 – Распределение показателей эффективности развития организационной системы между подпрограммами по направлению  $n = 1$

| $g_1$ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $y_1$ | + | + | + | + | + | + |   | + | + |
| $y_2$ | + | + | + | + |   |   | + | + | + |
| $y_3$ |   |   |   |   |   |   |   | + |   |
| $y_4$ |   |   | + | + | + | + |   | + | + |
| $y_5$ |   |   | + | + | + | + |   |   | + |
| $y_6$ |   |   | + | + |   |   |   |   | + |
| ...   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |

5. Балансировка инвестиций по направлениям и подпрограммам, в соответствии с временными периодами на основе экспертного оценивания. В (Таблица 4.5 – Балансировка интегрального ресурса по направлениям Программы)

приведено распределение интегрального ресурса по направлениям, (Таблица 4.6 – Балансировка ресурса по направлению  $n = 1$  по подпрограммам  $g_1 = \overline{1,9}$ ) – для направления  $n = 1$  по подпрограммам, (Таблица 4.7 – Балансировка ресурса по временным периодам для направления  $n = 1$  и подпрограммы  $g_1 = 1$ ) – для программы  $g_1 = 1$  с наибольшим числом мероприятий по временным периодам.

Таблица 4.5 – Балансировка интегрального ресурса по направлениям Программы

| $n$               | 1            | 2       | 3           | 4         | 5 | 6           |
|-------------------|--------------|---------|-------------|-----------|---|-------------|
| $C_n$ (тыс. руб.) | 52.151.535,4 | 190.903 | 9.704.870,8 | 460.695,7 | 0 | 4.905.882,2 |

Таблица 4.6 – Балансировка ресурса по направлению  $n = 1$  по подпрограммам  $g_1 = \overline{1,9}$

| $g_1$                 | 1         | 2         | 3            | 4            | 5           | 6        | 7           | 8           | 9         |
|-----------------------|-----------|-----------|--------------|--------------|-------------|----------|-------------|-------------|-----------|
| $C_{g_1}$ (тыс. руб.) | 134.304,4 | 634.463,5 | 13.252.313,8 | 18.415.848,8 | 3.949.029,5 | 57.312,4 | 4.827.887,2 | 9.470.051,5 | 101.850,7 |

Таблица 4.7 – Балансировка ресурса по временным периодам для направления  $n = 1$  и подпрограммы  $g_1 = 1$

| $t$                      | 1           | 2           | 3           | 4           | 5           | 6           | 7           | 8           |
|--------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| $C_{g_{11}}$ (тыс. руб.) | 2.239.271,3 | 2.258.280,9 | 2.319.716,1 | 2.319.716,1 | 2.319.716,1 | 2.319.716,1 | 2.319.716,1 | 2.319.716,1 |

6. Связь балансировки инвестиций с динамикой требований управляющего центра к показателям эффективности развития организационной системы. В (Таблица 4.8 – Динамика требований управляющего центра к показателям эффективности Программы по направлению  $n = 1$ ) приведены значения требований к показателям эффективности по годам выполнения направления  $n = 1$  этапа 2 Программы

Таблица 4.8 – Динамика требований управляющего центра к показателям эффективности Программы по направлению  $n = 1$

| $y_j$ | Единица измерения                  | $t_1 = 9$<br>2022 г. | $t = 1$<br>2023 г. | $t = 2$<br>2024 г. | $t = 3$<br>2025 г. | $t = 8$<br>2030 г. |
|-------|------------------------------------|----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| $y_1$ | процентов                          | 97,58                | 102,5              | 103,1              | 101,6              | 116,1              |
| $y_2$ | процентов                          | 100,5                | 100,7              | 101,0              | 102,0              | 110,1              |
| $y_3$ | процентов к<br>предыдущему<br>году | 60,0                 | 112,2              | 105,1              | 103,3              | 100,6              |
| $y_4$ | процентов                          | не ниже<br>15,0      | 19,8               | 19,8               | 20                 | не ниже<br>15,0    |
| $y_5$ | рублей                             | 41.098.0             | 46.777.0           | 49.163.0           | 51.670.0           | 61.185.0           |
| $y_6$ | процентов                          | 98,6                 | 100,1              | 101,2              | 102,2              | 106,8              |

#### **4.4 Оценка эффективности применения разработанных средств при управлении инвестированием развития региональной системы аграрного профиля**

Оценку эффективности применения разработанных средств в практике управления проведем на основе сравнительного анализа результатов вычислительного эксперимента по оптимизации процесса балансировки и ребалансировки инвестиций и реальных данных инвестирования первого и второго этапа государственной программы Воронежской области “Развитие сельского хозяйства, производства пищевых продуктов и инфраструктуры агропроизводственного рынка”.

Для начала были получены фактические данные мониторинга 1-го этапа Программы. Эти данные состоят из сведений о достижении значений показателей реализации Программы за 2022 год, а также распределение бюджетных средств по программам в разрезе исполнительных органов и по статьям расходов [26].

После этого мы используем программные модули, разработанные нами, в порядке, указанном на построенной ранее схеме (Рисунок 4.1 – Структурная схема взаимодействия разработанных программных модулей в рамках системы управления инвестированием развития СОС).

В модуле 3 нами была разработана нейронная сеть на основе Tensorflow – библиотеки с открытым исходным кодом для создания и обучения модели нейронной сети.

С использованием данных мониторинга 1-го этапа Программы мы производим обучение написанной нами нейросети, для дальнейших расчетов будущих данных на основе исторических результатов и экспертных оценок по выборкам временных рядов  $C_{ng}(t)$  и  $y_{jng}(t)$ .

Первым шагом мы берем полученные данные и обучаем нейронную сеть предсказывать адекватный результат, используя как стартовые условия Программы за 2022 год, так и конечные результаты за тот же период.

После завершения обучения, когда нейронная сеть сформировала адекватные связи для расчетов по полученным данным, мы приступаем к следующему шагу.

Второй этап - провести распределение объектов и объемов инвестиций по направлениям с использованием разработанной нами ранее оптимизационной модели (Рисунок 2.2 – Структурная схема оптимизации балансировки инвестиций по направлениям программы развития) и сравнить получившийся результат с таблицами (Таблица 4.1 – Распределение направлений программы развития между объектами СОС), (Таблица 4.5 – Балансировка интегрального ресурса по направлениям Программы). Для этого мы будем использовать программный модуль 1, который позволит автоматизировано рассчитать распределение инвестиций. Данный модуль работает на основе разработанной нами математической модели, и для получения результирующих данных в него необходимо подать актуальные данные мониторинга (п. 2.1, 3.1).

Получившийся результат распределения следующий:

Таблица 4.9 – Распределение направлений программы развития между объектами СОС

| Направление, $n$<br>Объект СОС, $i$ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-------------------------------------|---|---|---|---|---|---|
| 1                                   | + | + | + |   |   | + |
| 2                                   |   |   | + |   |   |   |
| 3                                   |   |   |   | + |   |   |
| 4                                   |   |   |   | + |   | + |
| 5                                   |   |   |   |   | + | + |

Таблица 4.10 – Балансировка интегрального ресурса по направлениям Программы

| $n$               | 1            | 2         | 3            | 4         | 5 | 6           |
|-------------------|--------------|-----------|--------------|-----------|---|-------------|
| $C_n$ (тыс. руб.) | 59 943 271,9 | 235 516,9 | 11 592 895,0 | 599 331,9 | 0 | 5 524 885,9 |

После проведения распределения мы видим, что результат работы модели приближен к результатам наших расчетов, но с добавлением к ним интегрального ресурса за период  $t = 9$ .

Далее нам необходимо провести балансировку и ребалансировку на основе оптимизационных моделей и модели  $\hat{y}_{jng}(t) = f(C_{ng}(t), y_{jng}(t), t)$  при распределении инвестиционного ресурса по направлению рядов  $n = 1$  с объемами инвестиций по программам  $g_1 = \overline{1,9}$  в зависимости от количества мероприятий  $H_{g_1}$  (Таблица 4.3 – Детализация направления  $n = 1$  на подпрограммы и мероприятия) с учетом требований к показателям  $y_{jg_1}$  (Таблица 4.4 – Распределение показателей эффективности развития организационной системы между подпрограммами по направлению  $n = 1$ ), (Таблица 4.8 – Динамика требований управляющего центра к показателям эффективности Программы по направлению  $n = 1$ ) и сравнить с (Таблица 4.6 – Балансировка ресурса по направлению  $n = 1$  по подпрограммам  $g_1 = \overline{1,9}$ ).

Для проведения балансировки и ребалансировки мы будем использовать полученные входящие данные Программы в модуле 2, который может провести как балансировку, так и ребалансировку интегрального ресурса автоматизировано, основываясь на разработанных нами ранее моделях и функциях (п. 2.2, 3.2).

Полученные результаты:

Таблица 4.1 – Балансировка ресурса по направлению  $n = 1$  по подпрограммам  $g_1 = \overline{1,9}$

| $g_1$                 | 1         | 2         | 3            | 4            | 5           | 6        | 7           | 8            | 9         |
|-----------------------|-----------|-----------|--------------|--------------|-------------|----------|-------------|--------------|-----------|
| $C_{g_1}$ (тыс. руб.) | 154.184,6 | 614.583,5 | 12.252.313,8 | 17.415.848,8 | 4.949.029,3 | 57.312,2 | 3.827.887,5 | 11.470.051,4 | 101.850,8 |

После проведения балансировки и ребалансировки мы видим, что результат работы модели несколько отличается от результатов наших расчетов, что можно отнести к погрешности в расчетах, а также к изменившимся экспертным оценкам распределения.

Следующий шаг заключается в проведении балансировки и ребалансировки по временным периодам интегрального ресурса на основе оптимизационных моделей и модели  $\hat{y}_{jng}(t) = f(C_{ng}(t), y_{jng}(t), t)$  с учетом требований к показателям (Таблица 4.4 – Распределение показателей эффективности развития организационной системы между подпрограммами по направлению  $n = 1$ ), (Таблица 4.8 – Динамика требований управляющего центра к показателям эффективности Программы по направлению  $n =$ ) и сравнить с (Таблица 4.2 – Результаты экспертной оценки распределения интегрального ресурса по временным периодам), (Таблица 4.7 – Балансировка ресурса по временным периодам для направления  $n = 1$  и подпрограммы  $g_1 = 1$ ). Для проведения данной операции мы будем использовать разработанный нами программный модуль 3. Он работает на основе построенной нами модели для распределения инвестиций по временным рядам при балансировке и ребалансировке (п. 2.3, 3.3), а также с использованием данных мониторинга 1 этапа Программы и встроенных алгоритмов и функций машинного обучения.

Полученные результаты:

Таблица 4.12 – Результаты экспертной оценки распределения интегрального ресурса по временным периодам

| $t$ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

|                    |              |             |             |           |             |             |             |             |              |
|--------------------|--------------|-------------|-------------|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| $C(t)$ (тыс. руб.) | 10.048.329,1 | 8.349.358,3 | 8.145.316,7 | 8.183.529 | 8.181.888,9 | 8.169.191,2 | 8.163.092,2 | 8.173.181,7 | 10.482.014,5 |
|--------------------|--------------|-------------|-------------|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|

Таблица 4.13 – Балансировка ресурса по временным периодам для направления  $n = 1$  и подпрограммы  $g_1 = 1$

|                          |             |             |             |             |             |             |             |             |             |
|--------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| $t$                      | 1           | 2           | 3           | 4           | 5           | 6           | 7           | 8           | 9           |
| $C_{g_{11}}$ (тыс. руб.) | 2.239.271,3 | 2.258.280,9 | 2.319.716,1 | 2.319.716,1 | 2.319.716,1 | 2.319.716,1 | 2.319.716,1 | 2.319.716,1 | 2.330.618,3 |

Полученные результаты соответствуют проведенным ранее расчетам, с учетом добавления временного периода  $t = 9$ .

Таким образом, перечисленные результаты, полученные на основе моделей, алгоритмов и программных средств принятия управленческих решений, характеризуют эффективность проведенных исследований.

## **Выводы четвертой главы**

1. Для эффективного управления инвестированием развития СОС целесообразно разработать программные средства, воспроизводящие модели и алгоритмы принятия управленческих решений на основе оптимизационного и прогностического моделирования. При разработке следует обеспечить возможность учета структуры реальной СОС и сопряжения программных средств с информационной системой мониторинга, вводом экспертной информации, обращением к стандартным пакетам машинного обучения и оптимизации.

2. Особенности структуры программы развития региональной СОС аграрного профиля в Воронежской области, учитываемыми при оптимизации управления инвестированием, являются: двухэтапность, принятие в качестве объектов СОС административных структур, возможность построения прогностических моделей показателей эффективности второго этапа на основе машинного обучения по временным рядам первого этапа, детализация направлений программы развития на подпрограммы и комплексные процессные мероприятия, привязка показателей эффективности к результатам выполнения программ на основе комплекса мероприятий.

3. С целью оценки результативности разработанных средств приемлем подход, основанный на сравнении результатов вычислительного эксперимента по оптимизации балансировки и ребалансировки инвестиций в соответствии со структурой действующей программы развития региональной СОС аграрного профиля с реальными данными по освоению инвестиций и достижению плановых заданий показателями эффективности развития организаций, входящих в систему.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследование системных связей процессов формирования и реализации программы развития сложноструктурированной организационной системы определяет целесообразность использования оптимизационного подхода к распределению инвестиционного ресурса между направлениями программы развития, объектами системы и временным периодам в рамках определенного горизонта планирования. Для эффективного применения оптимизационного моделирования этап формирования программы развития отождествляется с процессом балансировки инвестиций, а реализации – процессом ребалансировки. Оптимизация осуществляется как на множествах объектов, для которых значимо инвестирование развития по определённом направлению, так и в пространстве объемов инвестиций между временными периодами. Распределение объемов инвестиций между временными периодами определяется на основе прогностического моделирования путем машинного обучения с использованием временных рядов мониторингового и экспертного оценивания изменений показателей эффективности программы развития сложноструктурированной организационной системы.

Принятию управленческих решений с использованием оптимизационного моделирования адекватны различные методы оптимизации. При оптимизации на дискретном множестве объектов выбор наиболее значимых инвестиций осуществляется на основе линейного булевого программирования. Оптимизация на последовательности временных периодов достигается эквивалентным преобразованием многомерной задачи максимизации эффективности при ограниченном объеме инвестиций, выбираемом из дискретного ряда, в семейство связанных одномерных задач, решаемых полным перебором на указанных дискретных рядах инвестиционного ресурса.

Интеграция оптимизационного и прогностического моделирования позволяет обеспечить достижение цели исследования по повышению

эффективности управления инвестированием сложноструктурированной организационной системы при формировании и реализации программы развития.

Проведенные исследования позволяют получить следующие основные результаты:

1. Проведен анализ системных связей процессов формирования и реализации программы развития сложноструктурированной организационной системы и предложена структура управления инвестированием на основе оптимизационного и прогностического моделирования.

2. Обоснованы балансовые условия инвестирования за счет средств программы развития и этапность их выполнения при оптимизации процессов балансировки и ребалансировки инвестиций.

3. Сформированы оптимизационные модели булевого программирования и алгоритмы принятия управленческих решений для балансировки и ребалансировки инвестиций по направлениям программы развития.

4. Предложена схема оптимизационного моделирования балансировки объемов инвестиций для обеспечения заданного уровня показателей эффективности развития СОС.

5. Разработан алгоритм принятия управленческих решений на основе многокритериальной и многовариантной оптимизации для ребалансировки объемов инвестиций объектам СОС по направлениям программы развития.

6. Сформированы оптимизационные модели и алгоритмы принятия управленческих решений, основанные на прогностическом моделировании временных рядов мониторингового и экспертного оценивания показателей эффективности развития объектов СОС, для балансировки и ребалансировки распределения объемов инвестиций между временными периодами при заданном горизонте планирования программы развития.

7. На основе оптимизационных моделей и алгоритмов принятия управленческих решений разработаны программные модули и структура их взаимодействия с управляющим центром, информационной системой

мониторинга, стандартными пакетами программ машинного обучения и оптимизации в рамках системы управления инвестированием развития СОС.

8. Проведена оценка результативности применения разработанных моделей, алгоритмов и программных средств в практике управления инвестированием в сложноструктурированной региональной организационной системе аграрного профиля на основе программы развития. Предполагаемый подход с применением вычислительного эксперимента позволил предложить управленческие решения по ребалансировке инвестиций с сокращением временного периода достижения заданных уровней показателей эффективности на 16%.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Аксенов И. Д. Диверсификация инвестиций и теория формирования оптимальных портфелей финансовых активов / И. Д. Аксенов // Технологические инновации и научные открытия: сборник трудов по материалам VIII Международного конкурса научно-исследовательских работ, Уфа, 05 марта 2022 года. – Уфа: Общество с ограниченной ответственностью "Научно-издательский центр "Вестник науки", 2022. – С. 16-28. – EDN GJDLXR.
2. Акулова А.И., Фокина О.М. Анализ чувствительности и его роль в принятии решений по инвестиционному проекту // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. 2020. №3 (45) – С. 4-12
3. Анисимов Ю.П., Куксова И.В., Губертов Е.А., Жильников А.Ю., Иголкин И.С. Оптимизация потоков инвестиционных ресурсов для развития инновационной деятельности на предприятии. Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2022;84(2):400-406.
4. Балыдин М.С. Программно-целевой подход к управлению экономикой // КубГУ – 2014: Курсовая работа
5. Батищев Д.И. Оптимизация в САПР/ Д.И. Батищев, Я.Е. Львович, В.Н. Фролов. – М.: Высшая школа, 1997. – 421 с.
6. Батищев Д.И. Принятие оптимальных решений в экономических исследованиях. – Горький: Изд-во ГГУ, 1982. – 108 с.
7. Борзова А. С. Оптимизационное моделирование процессов развития отраслевой организационной системы гражданской авиации / А. С. Борзова, Д. В. Иванов // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2021. – Т. 9, № 1(32). – DOI 10.26102/2310-6018/2021.32.1.030. – ЭДН ФИКСПОУ.
8. Бурков В.Н. Основы математической теории активных систем. – М.: Наука, 1977. – 225 с.
9. Бухольцев И.М. Автоматизация ребалансировки портфеля ценных бумаг как способ защиты от факторов, влияющих на фондовый рынок / И. М. Бухольцев // Математика, информационные технологии, приложения: Сборник

трудов Межвузовской научной конференции молодых ученых и студентов. – Воронеж: Издательско-полиграфический центр "Научная книга", 2022. – С. 20-22.

10. Бухольцев И.М. Актуальность применения методов нейросетевого прогнозирования на рынке инвестиций / И. М. Бухольцев // Вестник Воронежского института высоких технологий. – 2022. – № 4(43). – С. 24-26.

11. Бухольцев И.М. Внедрение интеллектуальных систем в процесс ребалансировки инвестиций / И. М. Бухольцев // Интеллектуальные информационные системы: труды Международной научно-практической конференции. – Воронеж: Воронежский государственный технический университет, 2023. – С. 13-16.

12. Бухольцев И.М., Львович Я.Е. Оптимизация моделирования процессов балансировки и ребалансировки инвестиций для реализации программы развития многообъектной организационной системы / И. М. Бухольцев, Я. Е. Львович // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2024. – Т. 12, № 1(44). – С. 7.

13. Бухольцев И.М. Структуризация управления инвестированием многообъектной организационной системы на стадиях формирования и реализации программы развития с использованием оптимизационного подхода / И. М. Бухольцев // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2024. – Т. 12, № 2(45).

14. Бухольцев И.М., Львович Я.Е., Рындин Н.А. Оптимизация распределения объема инвестиций при реализации программы развития многообъектной организационной системы / И. М. Бухольцев, Я. Е. Львович, Н. А. Рындин // Вестник Российского нового университета. Серия: Сложные системы: модели, анализ и управление. – 2024. – № 2. – С. 41-51.

15. Бухольцев, И.М. Анализ применения методов нейросетевого прогнозирования при оптимизации инвестиций / И. М. Бухольцев // Оптимизация и моделирование в автоматизированных системах: труды Международной молодежной научной школы. – Воронеж: Воронежский государственный технический университет, 2024. – С. 89-91.

16. Бухольцев И.М. Оптимизационный подход к управлению ребалансировкой инвестиций многообъектной организационной системы / И. М. Бухольцев // Оптимизация и моделирование в автоматизированных системах: Труды Международной молодежной научной школы. – Воронеж: Воронежский государственный технический университет, 2025. – С. 130-133.

17. Бухольцев И.М., Рындин Н.А. Оптимизационное моделирование при управлении ребалансировкой инвестиционного процесса развития многообъектной организационной системы / И. М. Бухольцев, Н. А. Рындин // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия: Технические науки. – 2025. – № 1(25). – С. 55-65.

18. Бухольцев И.М. Автоматизация при реинвестировании в многообъектных организационных системах сельскохозяйственного профиля // Интеллектуальные информационные системы: Труды международной научно-практической конференции. Воронеж, 24-25 февраля 2025 г. – Воронеж, Воронежский государственный технический университет, 2025. С. 61-64

19. Бухольцев И.М. Оптимизация назначения инвестиций по направлениям программы развития многообъектной организационной системы / И.М. Бухольцев, Н.А. Рындин // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ 2025682139, 21.08.2025. Заявка № 2025681540 от 21.08.2025

20. Буценко Е.В. Совершенствование модели инвестиционного проектирования на основе сетевого моделирования // Управленец. 2015. №1 (53) – С. 38-42

21. Вайл П. Цифровая трансформация бизнеса / П. Вайл, С. Ворнер. – М.: Альпина Паблишер, 2010. – 257 с.

22. Веремей Е.И. Оптимизационный подход к моделированию и разработке информационно-управляющих систем // Прикладная информатика. 2012. №6 (42). – С. 31-41

23. Вечерская, С. Е. Постановка и алгоритм решения задачи оптимизации управления / С. Е. Вечерская; Редакционно-издательский дом Российского нового

университета. – Москва: Российский новый университет, 2018. – 40 с. – ISBN 978-5-89789-133-7. – EDN YQLBFZ.

24. Воронцовский, А.В. Инвестиции и финансирование: Методы оценки и обоснования/ А.В. Воронцовский. – СПб.: Изд-во С.-Петербургского ун-та, 1998. – 528 с.

25. Гаскаров Д.В. Прогнозирование технического состояния и надежности радиоэлектронной аппаратуры / Д.В. Гаскаров, Т.А. Голинкевич, А.В. Мозгалеvский. – М.: Сов. Радио, 1974. – 224 с.

26. Гребеник В.В. Диверсификация при управлении инвестиционным портфелем / В. В. Гребеник, А. И. Жилкин, Б. Н. Головецкий // Развитие инновационной экономики: достижения и перспективы: материалы VI международной научно-практической конференции, Москва, 21 ноября 2019 года. – Москва: Московский университет им. С.Ю. Витте, 2019. – С. 623-630. – EDN EVIZWP.

27. Гребенникова И.В. Методы оптимизации: учебное пособие / И.В. Гребенникова. —Екатеринбург: УрФУ, 2017. — 148 с.

28. Государственная программа Воронежской области – URL: <https://www.govvrn.ru/org/ministerstvo/minskogo-khozyaystva-vo/gp>

29. Данелян Т.Я. Формальные методы экспертных оценок // Статистика и экономика. 2015. №1 – С. 183-187

30. Дударева О.В. Экономическая оценка инвестиций: практикум: учеб. пособие / О.В. Дударева. – Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2016. 192 с.

31. Зеткина О.В. Эконометрика: основы математического моделирования социально-экономических процессов (Эконометрические модели в анализе социально-экономических процессов): учебное пособие / О. В. Зеткина; Яросл. гос. ун-т им. П. Г. Демидова. – Ярославль: ЯрГУ, 2013. – 124 с.

32. Инвестиции и инвестиционная деятельность организаций: учебное пособие / Т.К. Руткаускас [и др.]; под общ. ред. д-ра экон. наук, проф. Т.К. Руткаускас. — Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2019. — 316 с. 8

33. Инвестиции: учебник для вузов / под ред. Л.И. Юзвович, С.А. Дегтярева, Е.Г. Князевой. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2016. – 543 с.
34. Казанова А.В. Оценка эффективности инвестиций: современные подходы // Прикладные экономические исследования. 2020. №5 (39). – С. 24-28
35. Калмыкова А.А. Условия и факторы формирования и развития современного рынка инвестиций// Транспортное дело России. – 2012. - №5. – с.23-24.
36. Каменева, С. А. Математическое моделирование в экономике / С. А. Каменева, И. П. Борискина // Вестник Волжского университета им. В.Н. Татищева. – 2016. – Т. 2, № 2. – С. 25-29. – EDN WAGIRL.
37. Кетова, К. В. Прогнозирование динамики инвестиционных процессов / К. В. Кетова, Е. В. Касаткина, Д. Д. Насридинова // Вестник ИжГТУ имени М.Т. Калашникова. – 2013. – № 3(59). – С. 150-154. – EDN RBVFPPF.
38. Константинов М.А. Применение нейросетевого моделирования для прогнозирования цен акций на российском фондовом рынке / М. А. Константинов // Цифровая экосистема экономики: сборник статей по итогам IX международной научно-практической онлайн конференции, Ростов-на-Дону, 27 апреля 2022 года. – Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет, 2022. – С. 114-117. – EDN RJMPDR.
39. Кричевский М.И., Пупыкин В.В., Заступов А.В. Современные методы оценки рисков инвестирования // Вестник молодежной науки. 2018. №4 (16)
40. Курилова А.А. Мониторинг и разбалансировка инвестиционного портфеля / А. А. Курилова // Фундаментальные основы инновационного развития науки и образования: монография. – Пенза: Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г.Ю.), 2021. – С. 23-37. – EDN IINHSC.
41. Кэндалл М. Ранговые корреляции. – М: Статистика, 1975 – 216 с.
42. Логинов Д.Р. Эволюция стратегий факторного инвестирования на фондовом рынке // Фундаментальные исследования. – 2022. – № 5. – С. 66-71
43. Львович И.Я. Принятие решений на основе оптимизационных моделей и экспертной информации. – Воронеж: ИПЦ “Научная книга”. – 2023. – 232 с.

44. Львович И.Я., Львович Я.Е., Фролов В.Н. Информационные технологии моделирования и оптимизации: краткая теория и приложения. – Воронеж: ИПЦ “Научная книга”, 2016. – 444 с.

45. Львович Я.Е. Оптимизация распределения ресурсного обеспечения на стадиях развития и функционирования цифровизированных организационных систем / Я.Е. Львович, Н.А. Рындин // Информационные технологии. – 2022. – том 28. - №6. – с. 294-301

46. Львович Я.Е., Михель А.А. Оптимизационное моделирование ресурсоэффективности системы рейтингового оценивания// Экономика и менеджмент систем управления. – 2014. - №1.1(11). – с. 144-149.

47. Львович Я.Е., Михель А.А. Управление ресурсным обеспечением в системе высшего образования на основе интеграции мониторинговой и экспертной информации// Экономика и менеджмент систем управления. - 2014. - №2.3(12). – с. 400-406.

48. Математическое моделирование. Краткий исторический обзор [электронный ресурс]: <https://pandia.ru/text/80/262/46882.php>

49. Мелюшин П.В. Особенности применения нейронных сетей в прогнозировании и планировании / П. В. Мелюшин, А. Ю. Лукьяненко // Приборостроение - 2017: материалы 10-й Международной научно-технической конференции, 1-3 ноября 2017 года, Минск, Республика Беларусь / Белорусский национальный технический университет; редкол.: О. К. Гусев [и др.]. - Минск: БНТУ, 2017. - С. 454-456.

50. Методы оптимизации: Учебник и практикум / Ф. П. Васильев, Л. А. Артемьева, М. М. Потапов, Б. А. Будак. – 1-е изд. – Москва: Издательство Юрайт, 2019. – 375 с. – (Бакалавр и магистр. Академический курс). – ISBN 978-5-9916-6157-7. – EDN FRHFPL.

51. Михайлова Е.Б. Проблема анализа моделей и методов прогнозирования // Учет и статистика. 2017. №1 (45) – С. 75-81

52. Ненашева Е.В. Моделирование рынков с учетом поведенческих аспектов // Финансы и кредит. 2009. №8 (344). – С. 46-63

53. Новиков Д.А. Теория управления организационными системами. – М.: Физматлит. – 2007. – 564 с.
54. Окунь А.С., Окунь С.А. Нейросетевое моделирование как инструмент прогнозирования // Финансовая аналитика: проблемы и решения. 2011. №33. – С. 45-52
55. Оптимизация цифрового управления в организационных системах: коллективная монография/ Я.Е. Львович, И.Я. Львович, О.Н. Чопоров [и др.]; под общ. ред. Я.Е. Львовича. – Воронеж: ИПЦ “Научная книга”, 2021. – 191 с.
56. Оптимизация цифрового управления в организационных системах: коллективная монография / Я.Е. Львович, И.Я. Львович, О.Н. Чопоров [и др.]; под общ. Ред. Я.Е. Львовича. – Воронеж: ИПЦ “Научная книга”, 2021 – 191 с.
57. Подкорытова, О. А. Анализ временных рядов: учебное пособие для бакалавриата и магистратуры / О. А. Подкорытова, М. В. Соколов. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2018. — 267 с.
58. Полякова А.А. Инвестиции и их роль в экономическом росте // Вестник ОмГУ. Серия: Экономика. 2007. №3. – С. 14-16
59. Понятие инвестиционного процесса – URL: <https://kudainvestiruem.ru/obschee/investitsionnyiy-protsess.html>
60. Попова А.Ю. Оценка риска инвестиционного проекта // Научный журнал КубГАУ. 2006. №19 – С. 73-98
61. Постановление правительства воронежской области от 13 декабря 2013 года № 1068 (в ред. Постановления Правительства Воронежской области от 27.01.2023 №26) “Об утверждении государственной программы Воронежской области “Развитие сельского хозяйства, производства пищевых продуктов и инфраструктуры агропродовольственного рынка”
62. Руденко М.Н. Стратегическое планирование: учеб. пособие / М. Н. Руденко, Е. Д. Обороина, Д. Н. Письменников; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2014. – 96с.

63. Рындин Н.А. Алгоритмизация процесса многовариантной структуризации в цифровизированных организационных системах. Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2023;11(1)

64. Рындин Н.А. Многовариантная структуризация цифровой среды управления в организационных системах: Монография. – Воронеж: Изд-во “Научная книга”, 2023. – 172 с.

65. Рябов, А. С. Методические подходы к оптимизации процессов инвестиционной деятельности нефтегазовой компании / А. С. Рябов // Современные проблемы и тенденции развития экономики и управления бизнес-процессами: Сборник материалов III Региональной научно-практической конференции, Красноярск, 17 декабря 2021 года / Отв. редакторы Е.Е. Моисеева, Е.А. Воронина. – Красноярск: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева", 2022. – С. 106-110.

66. Сергеев, А. П. Введение в нейросетевое моделирование: учебное пособие / А. П. Сергеев, Д. А. Тарасов; Министерство образования и науки Российской Федерации, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина; под общей редакцией А. П. Сергеева. – Екатеринбург: Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, 2017. – 128 с. – ISBN 978-5-7996-2124-7. – EDN XEVEYU.

67. Синякова, М. Г. Использование SWOT-анализа с целью идентификации инновационных рисков / М. Г. Синякова // XI Международный молодежный форум "Образование. Наука. Производство": Материалы форума, Белгород, 01–20 октября 2019 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2019. – С. 2399-2403. – EDN WRZADW.

68. Управление инвестиционной активностью / Ю.П. Анискин, А.Ю. Бударов, А.Н. Попов [и др.]. Под ред. Ю.П. Анискина. М.: Омега-Л, 2002. 272 с.

69. Федулова Е.А. Инвестиционный процесс как объект публичного управления // ТДР. 2014. №3. – С. 115-117
70. Шарп, Уильям Ф. Инвестиции / Уильям Ф. Шарп, Г. Александер, Дж. Бэйли – Пер. с англ. – Москва: ИНФРА-М, 2001. – 1028 с.
71. Шпинев Ю.С. Классификация инвестиций // Проблемы экономики и юридической практики. 2020. №1 – С. 109-112
72. Bazaluk O, Zhykharieva V, Vlasenko O, Nitsenko V, Streimikiene D, Balezentis T. Optimization of the Equity in Formation of Investment Portfolio of a Shipping Company. Mathematics. 2022; 10(3):363. <https://doi.org/10.3390/math10030363>
73. Busch, T., Bauer, R., & Orlitzky, M. (2016). Sustainable Development and Financial Markets: Old Paths and New Avenues. *Business & Society*, 55(3), 303–329.
74. Dimson E., Marsh P., Staunton M. Factor-Based Investing: The Long-Term Evidence. *The Journal of Portfolio Management*. 2017. № 43 (5). P. 15–37.
75. Fama E., French K. The cross-section of expected stock returns. *Journal of Finance*. 1992. № 47(2). P. 427–465.
76. Finam. Инвестиции: основные понятия и термины – URL: <https://www.finam.ru/publications/item/investitsii-20230628-2046/>
77. Graham B. and Dodd D. *Security Analysis: Principles and Techniques*, First Edition. New York and London: McGraw-Hill, 1934. 851 p.
78. Li, Jiaqi & Wang, Xiaoyan & Ahmad, Dr. Saleem & Huang, Xiaobing & Khan, Yousaf. (2023). Optimization of investment strategies through machine learning. *Heliyon*. 9. e16155. 10.1016/j.heliyon.2023.e16155.
79. Oliinyk, Viktor & Kozmenko, Olga. (2019). Optimization of investment portfolio management. *Serbian Journal of Management*. 14. 10.5937/sjm14-16806.
80. Petropoulos F, Apiletti D, Assimakopoulos V, Babai MZ, Barrow DK, Ben Taieb S et al. Forecasting: theory and practice. *International Journal of Forecasting*. 2022 Jul 1;38(3):705-871. Epub 2022 Jan 20. doi: 10.1016/j.ijforecast.2021.11.001

81. Sołoducho-Pelc, Letycja. (2015). Planning Horizon as a Key Element of a Competitive Strategy. *Journal of Economics, Business and Management*. 3. 161-166. 10.7763/JOEBM.2015.V3.174.

82. Terje Aven, Risk assessment and risk management: Review of recent advances on their foundation, *European Journal of Operational Research*, Volume 253, Issue 1, 2016, Pages 1-13, ISSN 0377-2217, <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2015.12.023>.