



SATBAYEV UNIVERSITY

УДК: 004.9: 005.31 (ОУЗ)

На правах рукописи

**БИМУРАТ ЖАНАР**

**Разработка моделей и методов анализа эффективности инвестиций в  
условиях неопределенности**

6D070300 – Информационные системы

Диссертация на соискание ученой степени  
доктора философии (PhD), доктора по профилю

Научный консультант:  
д.т.н., профессор Д.Н. Шукаев

Зарубежный научный консультант  
PhD in economics, Professor A. Simons

Республика Казахстан  
Алматы, 2020

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ.....</b>	<b>4</b>
<b>ОПРЕДЕЛЕНИЯ .....</b>	<b>5</b>
<b>ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ .....</b>	<b>5</b>
<b>ВВЕДЕНИЕ.....</b>	<b>6</b>
<b>1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПРОБЛЕМЫ АНАЛИЗА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНВЕСТИЦИЙ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ.....</b>	<b>10</b>
1.1 Инвестиции. Управление инвестициями.....	10
1.2 Современное состояние исследования анализа эффективности инвестиций в условиях неопределенности .....	14
1.3 Программные комплексы, позволяющие управлять инвестициями ....	18
1.4 Постановка цели и задач исследования .....	23
<b>2 РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ ИНФОРМАЦИОННО- АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ИНВЕСТИЦИЯМИ....</b>	<b>25</b>
2.1 Объект исследования .....	25
2.2 Разработка структуры информационной системы управления инвестициями.....	25
2.3 Предварительное рассмотрение и экспертиза инвестиционных проектов .....	27
2.4 Анализ эффективности инвестиций.....	28
<b>3 РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ И АЛГОРИТМОВ АНАЛИЗА ЭФФЕКТИВНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ИНВЕСТИЦИОННОГО ПОРТФЕЛЯ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ И РИСКА .....</b>	<b>30</b>
3.1 Метод расчета социальной отдачи инвестиционного проекта.....	30
3.1.1 Определение значений общественной эффективности методом экспертных оценок.....	30
3.1.2 Моделирование возможных значений общественной эффективности ...	31
3.1.3 Моделирование возможных значений общественной эффективности с учетом фактора многомерности .....	32
3.2 Алгоритм выбора инвестиционных проектов .....	33
3.3 Расчет и интерпретация показателей эффективности инвестиционных затрат .....	34
3.4 Разработка методов моделирования инвестиционных рисков .....	36
3.5 Моделирование форс-мажорных ситуаций .....	38
3.6 Разработка методов моделирования внезапной остановки потока доходов.....	39
3.7 Разработка методов принятия инвестиционных решений в условиях рисков, связанных с неопределенностью и нестабильностью экономических процессов.....	43
<b>4 РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ И АЛГОРИТМОВ ОПТИМИЗАЦИИ ИНВЕСТИЦИОННОГО ПОРТФЕЛЯ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ И РИСКА .....</b>	<b>46</b>

<b>4.1 Математические модели инвестирования при минимизации риска .....</b>	<b>46</b>
<b>4.2 Максимизация ожидаемого дохода при ограничениях, определяемых политикой инвестора.....</b>	<b>47</b>
<b>4.3 Математическая модель размещения инвестиционного портфеля .....</b>	<b>48</b>
<b>4.4 Алгоритм решения линейной задачи размещения инвестиционного портфеля.....</b>	<b>50</b>
<b>4.5 Алгоритм решения нелинейной задачи размещения инвестиционного портфеля.....</b>	<b>52</b>
<b>4.6 Оптимальные модели с учетом диверсификационных характеристик. Анализ распределения платежей .....</b>	<b>53</b>
<b>4.7 Общая схема моделирования коэффициентов диверсификации.....</b>	<b>56</b>
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>	<b>58</b>
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....</b>	<b>60</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ А.....</b>	<b>68</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....</b>	<b>71</b>

## НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящей диссертации использованы ссылки на следующие стандарты: «Инструкция по оформлению диссертации и автореферата», ВАК МОН РК, №377-3ж.

ГОСТ 7.1–2003. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления.

ГОСТ 7.32–2017 – Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. «Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления».

Гражданский кодекс Республики Казахстан (Особенная часть): Кодекс Республики Казахстан от 1 июля 1999 года № 409.

О Банке Развития Казахстана: Закон Республики Казахстан от 25 апреля 2001 года № 178.

Об инвестициях: Закон Республики Казахстан от 8 января 2003 года № 373-П.

О создании акционерного общества «Инвестиционный фонд Казахстана»: Постановление Правительства Республики Казахстан от 30 мая 2003 года № 501.

О рынке ценных бумаг: Закон Республики Казахстан от 2 июля 2003 года № 461-П.

Об инвестиционных и венчурных фондах: Закон Республики Казахстан от 7 июля 2004 года № 576.

Бюджетный кодекс Республики Казахстан: Кодекс Республики Казахстан от 4 декабря 2008 года № 95-IV.

О Фонде национального благосостояния: Закон Республики Казахстан от 1 февраля 2012 года № 550-IV.

Об утверждении Методики по формированию показателей инвестиционной деятельности: Приказ Председателя Комитета по статистике Министерства национальной экономики Республики Казахстан от 2 декабря 2016 года № 296. Зарегистрирован в Министерстве юстиции Республики Казахстан 27 декабря 2016 года № 14601.

## ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящей диссертации применяются следующие термины с соответствующими определениями

Дискретная случайная величина – величина, принимающая конечное, или счетное множество возможных значений.

Инвестиция – это актив или предмет, приобретенный с целью получения дохода или повышения стоимости. В экономическом смысле инвестиции – это приобретение товаров, которые не потребляются сегодня, но используются в будущем для создания богатства. В финансах инвестиции – это денежные активы, приобретенные с целью получения дохода в будущем или последующей продажи по более высокой цене с целью получения прибыли.

Инвестиционная деятельность – это доходы и расходы компании от деятельности, связанной с инвестициями, такой как покупка или продажа имущества и финансовых активов.

Инвестор – физические и юридические лица, осуществляющие инвестиции в Республике Казахстан

Непрерывная случайная величина – величина, принимающая любые значения из некоторого промежутка (интервала).

Случайная величина – величина, которая в результате опыта может принять некоторое неизвестное заранее значение.

## ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

БРК	Банк Развития Казахстана
ИП	Инвестиционный проект

## ВВЕДЕНИЕ

**Оценка современного состояния решаемой научно-технологической задачи.** Начиная с 2015 года экономическая политика, в целом, была направлена на укрепление устойчивости социально-экономической ситуации Казахстана и оздоровление финансового сектора через диверсификацию экономики. Одним из решений данной задачи было утверждение государственной программы «Нұрлы жол», направленной на создание единого экономического рынка Казахстана путем формирования макрорегионов. В этом направлении также работает АО «Банк Развития Казахстана» (далее – БРК). Основной целью БРК, созданного в 2000 году, является финансирование проектов с высокой ожидаемой доходностью в виде рентабельности и социальной значимости. В силу высокой степени неопределенности рыночной системы все экономические проекты содержат элемент риска. Таким образом, ожидаемая прибыль должна рассчитываться с учетом различных случайных событий и негативных факторов. Распределение средств в этих условиях требует системного подхода при выборе проектов и оценке ожидаемой доходности и риска. Расширение инвестиционной деятельности банков Казахстана, в том числе и БРК, сдерживается рядом причин: несовершенством банковских стратегий; исторически малым практическим опытом в области инвестиционной деятельности казахстанских банков.

Исследования многих зарубежных авторов посвящены теории и практике реальных и финансовых инвестиций. В них рассматриваются различные теоретические аспекты выбора инвестиционного портфеля на основе рисков [1-3], задачи финансово-экономической оценки инвестиционных процессов [4-6] и разработки интегрированной банковской системы информационного обеспечения инвестиционных решений [7-9]. Изучение упомянутых исследовательских работ продемонстрировало наличие основного интереса инвестора, предъявляемого к основным способам реализации поставленных ими стратегических целей, что не дает полностью раскрыть дилемму разработки политики инвестиций с точки зрения динамики финансовых инвестиций. Это обуславливает основную проблему, которая возникает при определении инвестиционной политики инвестора – обеспечение ликвидности, надежности и доходности инвестиций, что требует обеспечить учет динамики инвестиционных процессов при моделировании инвестиционной деятельности.

В наши дни вопросы управления инвестиционной деятельностью инвестора требуют дальнейших разработок, позволяющих моделировать возможные исходы принимаемых решений в условиях нестабильности экономических параметров и процессов, а также высокой степени риска, что характерно для современной экономики.

**Основание и исходные данные для разработки темы.** Основанием для разработки данной темы является выписка из протокола заседания кафедры «Информационные технологии» №3 от 30 сентября 2016 г. об утверждениях научных руководителей и тем докторских диссертаций PhD докторантов

специальности 6D070300 – «Информационные системы». Исходными данными для выполнения исследования являются статьи, доклады, учебники и монографии.

**Обоснование необходимости проведения научно-исследовательской работы.** Использование методов компьютерного моделирования позволяет получить систему как количественных, так и качественных показателей, характеризующих финансово-экономическую оценку инвестиционной деятельности инвестора. Таким образом, разработка модели оценки и планирования инвестиционной деятельности инвестора представляет серьезный научно-практический интерес.

**Сведения о планируемом научно-техническом уровне разработки, патентных исследованиях и выводы из них** определяются полнотой исследования процесса разработки моделей и методов анализа эффективности инвестиций в условиях неопределенности.

Научно-технический уровень диссертационной работы будет обеспечен новизной и адекватностью полученных результатов, их практической значимостью и перспективностью использования. В результате проведенных исследований будут разработаны модели и методы анализа эффективности инвестиций в условиях неопределенности.

**Сведения о метрологическом обеспечении диссертации.** При написании работы использовались законодательные и нормативные документы, годовые отчеты и официальные публикации по вопросам управления инвестициями, материалы научных конференций, а также государственные и корпоративные статистические и аналитические материалы и документы.

**Актуальность темы диссертационного исследования.** Актуальность рассматриваемой темы основывается на необходимости создания эффективных механизмов управления инвестиционной деятельностью для формирования условий равномерного экономического роста регионов Казахстана.

**Научная новизна темы исследования** заключается в разработке имитационно-аналитического подхода к компьютерному моделированию экономических процессов с учетом нестабильности и возмущенности их параметров как с аналитически описываемыми, так и математически не формализуемыми характеристиками.

**Цель диссертационной работы.** Целью исследования является разработка моделей и методов информационной системы для анализа эффективности инвестиций в условиях неопределенности множества экономических параметров с использованием компьютерного моделирования.

**Объектом исследования** являются системы управления инвестиционными процессами.

**Предметом исследования** определены модели и методы создания и повышения эффективности информационно-аналитических система управления инвестициями.

**Задачи исследований, их место в выполнении научно-исследовательской работы в целом.** Для достижения планируемых результатов работы определены нижеследующие задачи:

- изучить и проанализировать текущий процесс отбора инвестиционных программ;
- разработать функциональную схему и структуру имитационно-аналитической системы;
- разработать методы и алгоритмы компьютерного моделирования нестабильных параметров с нестандартно заданными законами распределения и с учетом фактора многомерности, нестабильных ситуаций, связанных с рисками, форс-мажором и другими факторами;
- осуществить анализ и обоснование выбора оптимизационных моделей распределения средств при различных приоритетах и рисках;
- разработать методы оптимизации распределения средств с учетом нестабильности и «возмущенности» параметров моделей задач;
- разработать методы и алгоритмы компьютерного анализа распределения средств по различным приоритетам, влияния нестабильности экономических процессов и факторов риска на эффективность инвестиционных программ.

**Методологическая база исследований.** В диссертационном исследовании использовались общенаучные методы познания (анализ, синтез и др.) принципы системности и комплексности, сравнительный анализ и математическое моделирование, методы анализа инвестиционных процессов в области управления инвестиционной эффективностью и портфельного инвестирования, программно-аналитические средства.

**Положения, выносимые на защиту.** На защиту выносятся следующие положения:

- методы и алгоритмы моделирования показателей эффективности инвестиций;
- методы и алгоритмы компьютерного моделирования нестабильных ситуаций и рисков;
- методы экспертных оценок не формализуемых рисков;
- методы и алгоритм выбора инвестиционного проекта в условиях неопределенности;
- методы решения задач оптимального распределения инвестиций с «возмущенными» параметрами.

**Структура и объем диссертации.** Диссертационная работа состоит из введения, 4 разделов, заключения, списка использованных источников и 2 приложений. Она изложена на 73 страницах машинописного текста, содержит 5 рисунков, 48 формул, список использованных источников из 122 наименований и 2 приложения на 6 страницах.

Основные научные результаты диссертационного исследования, изложенные в диссертации, отражены в отчетах о НИР № 1028/ГФ4 по теме «Разработка методов компьютерного моделирования, анализа и оптимизации

инвестиционных программ государственного банка развития» в рамках ГРНТИ 28.17.31 [9-11].

В рамках данной диссертационной работы было подготовлено и издано 8 исследовательских работ по рассматриваемой теме, из них:

- три статьи опубликованы в издательствах, отвечающих требованиям высшей аттестационной комиссии Министерства образования науки РК;

- три статьи размещены в сборниках трудов международных конференций;

- по одной статье в зарубежном издании и в международном рецензируемом научном журнале.

Автор выражает признательность и благодарность своим родным, за то, что они никогда не отказывали ему в поддержке и ободрении.

Особую признательность и искреннюю благодарность автор выражает научному консультанту, д.т.н., профессору Шукаеву Дулат Нурмашевичу за руководство, возможность профессионального развития и всестороннюю помощь и внимание в процессе написания диссертации.

# 1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПРОБЛЕМЫ АНАЛИЗА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНВЕСТИЦИЙ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

## 1.1 Инвестиции. Управление инвестициями

Инвестиции – это вложение капитала с целью извлечения прибыли, что является основным двигателем современной экономики. Инвестиционный анализ – это исследование рынка и анализ процессов предприятия, с помощью которого можно узнать, сколько необходимо средств проекту, чтобы получить прибыль. Несомненно, что экономический рост невозможен без инвестиций, при этом каждый инвестор жаждет, чтобы инвестиции использовались оптимальным образом, принося больший финансовый результат. Поэтому можно утверждать, что абсолютно любой проект требует этапа анализа и оценки потребности и эффективности инвестиций [13].

Главными этапами инвестирования являются:

- определение желаемого направления инвестиционной деятельности;
- исследование и анализ проекта и его возможностей;
- размещение денежных средств в конкретный инвестиционный проект или деятельность;
- превращение размещенных средств в прирост капитальной стоимости – получение отдачи от осуществленных инвестиций;
- прирост в стоимости компании в форме прибыли формируется уже, когда выявлены главные цели и задачи предприятия, с помощью которых эту прибыль можно достичь.

К функциям инвестиционного анализа можно отнести:

– Разработка комплексного плана для получения полной информации о предприятии или проекте, с помощью которой можно получить или предоставить объективное мнение об объекте инвестирования, в том числе оценить инвестиционные риски, оценить финансовое состояние, положение на рынке, изучить внутренние управленческие процессы.

– Улучшение и отработка процессов принятия управленческих решений для различных случаев, в том числе выбор формы и способа для осуществления инвестиций.

– Выявление целевой потребности предприятия или проекта в финансировании.

– Окупаемость вложенных средств.

– Получение рентабельности не ниже желаемого заданного уровня, чтобы привлечь инвестора.

– Окупаемость вложенных инвестиций с определением конкретного временного периода.

Большое количество интересных инвестиционных проектов могут не заинтересовать инвесторов по причине некорректно проведенного инвестиционного анализа. Из чего следует, что инвестиционный анализ помогает повысить эффективность принятия решения в процессе управления

инвестициями. Для учета, выбора способа и объема инвестиционного анализа в целях эффективного привлечения инвестиций необходима их научно обоснованная классификация как на макроуровне, так и на микроуровне.

Управление инвестициями (также упоминается как управление инвестиционным портфелем или управление капиталом) требует понимания [14]:

- инвестиционных целей;
- инвестиционных инструментов;
- оценки инвестиционных продуктов;
- инвестиционных стратегий, которые могут быть использованы для реализации инвестиционных целей;
- формирования инвестиционного портфеля, учитывая инвестиционную стратегию;
- методов оценки производительности.

Бизнес-процесс управления инвестициями состоит из решения основных следующих пяти задач:

1. Определение и постановка инвестиционных целей.
2. Разработка и формирование инвестиционной политики.
3. Выбор необходимой инвестиционной стратегии.
4. Формирование инвестиционного портфеля проектов.
5. Анализ и оценка эффективности инвестиций.

**Определение и постановка инвестиционных целей.** Инвестиционный портфель представляет собой всю возможную совокупность направлений для финансирования средств, в том числе различных проектов, ценных бумаг и других активов, которые объединяются и направляются на достижение конкретных целей [15].

Процесс инвестирования начинается со всестороннего анализа инвестиционных проектов физическими или юридическими лицами, чьи средства должны быть инвестированы. Эти лица подразделяются на индивидуальных и институциональных инвесторов [16].

Целью формирования инвестиционного портфеля является выбор оптимальных инструментов и пропорций в портфеле с наименьшим допустимым уровнем финансового риска. Этот процесс определяется тем, что именно вы хотите получить в результате инвестирования и какой финансовый риск вы допускаете при принятии решения.

Определение потребностей в инвестициях и их объеме для каждой цели является простым процессом и может быть определено в соответствии с нижеприведенным алгоритмом [17].

Шаг 1. Инвентаризация возможных финансовых ресурсов.

Шаг 2. Прогнозирование возможных расходов.

Шаг 3. Корректировка денежных потоков на инфляцию.

Шаг 4. Расчет получаемой доходности. Если расчет показал, что требуемая доходность не достигнута, то вернуться на шаг 2.

Шаг 5. Расчет устойчивости к рискам. Если не устойчива, то вернуться на шаг 2.

Шаг 6. Формирование портфеля.

В целом цель инвестиционного портфеля связана с категорией сохранения, приумножения капитала, а также получения текущего дохода одновременно с увеличением стоимости основного капитала.

**Формирование инвестиционной политики.** После определения основных целей инвестор должен разработать политику, т. е. правила, выполнение которых необходимо для достижения поставленных инвестиционных целей. Формирование политики является сложным многоступенчатым бизнес-процессом, на этапах которого определяются стратегические цели, задачи, направления инвестиционной политики, сроки реализации и другие аспекты [18].

Различают следующие направления формирования политики [19]:

- вложение средств с целью получения доходов в форме процентов, или дивидендов – политика доходов;
- формирование инвестиционного портфеля с целью диверсификации и уменьшения финансовых рисков;
- инвестирование с целью получения прибыли через разницу между ценой приобретения и более высокой ценой продажи – политика роста;
- инвестирование с целью одновременного роста и получения доходов – политика доходов и роста.

Инвестиционная политика направлена на формирование действенных способов и подходов к отбору инвестиционных проектов с показателями, приводящими к наибольшей рыночной капитализации с возможностями постоянного роста. Разработка такой политики подразумевает осуществление следующих этапов работ [20]:

– Оценка исследуемой деятельности в предыдущем фактически пройденном периоде.

– Маркетинговый анализ конъюнктурных показателей внешней среды, которые влияют на инвестиционное поле проекта.

– Учет и определение стратегических целей развития, обеспечиваемых предстоящей инвестиционной деятельностью.

– Определение формата инвестиционной политики с учетом ожидания по рискам в соответствии с установленными целями инвестирования.

– Создание политики инвестиций согласно главным направлениям инвестирования.

– Формирование политики инвестиций в отраслевом и региональном разрезах.

– Связь и координация основных направлений инвестиционной политики.

При формировании политики целесообразно руководствоваться следующими основными принципами [21, 22]:

– Принцип системности, позволяющий учитывать стратегические цели инвестирования.

– Принцип приоритетности, подразумевающий выделение основных наиболее значимых направлений инвестирования.

– Принцип эффективности, обеспечивающий получение положительных результатов при инвестировании.

– Принцип согласованности, определяющий взаимосвязь основополагающих норм инвестиционной политики с нормами инвестиционной стратегии и состоянием всех показателей, имеющих влияние на финансовую концепцию проекта.

– Принцип контроля, предполагающий наличие системы оценки степени реализации инвестиционной политики, способности корректировать направления, а также управления текущим процессом при реализации всех стадий инвестиционного проекта.

Таким образом, инвестиционная политика представляет собой сложную систему управления финансовыми ресурсами. Основной целью политики является четкое распределение имеющихся инвестиционных ресурсов (финансовых и нематериальных) между отдельными проектами, формирование портфеля реальных и финансовых инвестиций для достижения определенных результатов при их реализации, а также достижение положительной эффективности каждого инвестиционного проекта.

**Формирование инвестиционного портфеля.** Эффективным считается портфель, обеспечивающий максимально возможную доходность при заданном уровне риска либо имеющий минимальный риск при заданном уровне доходности.

При формировании портфеля учитываются такие факторы, как [23, 24]:

- тип инвестиционного портфеля;
- требуемый уровень доходности портфеля;
- допустимая степень риска;
- масштабы диверсификации портфеля;
- требования ликвидности;
- налогообложение доходов и операций с различными видами активов;
- ревизия портфеля.

Портфель подлежит периодическому пересмотру таким образом, чтобы его состав соответствовал меняющейся общей экономической ситуации, инвестиционным качествам отдельных объектов инвестирования, целям инвестора.

При формировании инвестиционного портфеля используется большое количество теорий и методов. После оценки экономических показателей формирование портфеля и ранжирование инвестиционных проектов в основном осуществляется с использованием следующих методов:

- метод выбора по удельным весам показателей;
- метод линейного программирования;
- комбинированные методы;
- метод Борда;

- метод Парето и др.

Для выбора из доступного множества одного или нескольких инвестиционных проектов с наилучшими экономическими показателями можно воспользоваться классическими методами теории голосования, таких как Парето, Борда или Кондорсе. В случае, когда количество выбираемых проектов не всегда заранее задано, наиболее приемлемым методом, по мнению авторов статьи “Анализ и выбор объектов распределения инвестиций” [25] является метод Борда.

## **1.2 Современное состояние исследования анализа эффективности инвестиций в условиях неопределенности**

Экономической сущности и оценке рисков реальных инвестиционных проектов, методам обоснования управленческих решений в условиях риска и неопределенности посвящены работы А. Абея, В. Шапиро, Д. Аакера, И. Ансоффа, Г. Бирмана, Ю. Бригхэма, Дж. Кейнса, Р. Оуэна, Б. Санто, С. Шмидта и др.

Инвестиционная деятельность характеризуется особенно высоким уровнем неопределенности, в основном она характеризуется значительной продолжительностью реализации проектов и программ, наличием большого числа факторов, определяющих конечные результаты реализации этих проектов, изменчивостью результатов во времени, частичной необратимостью инвестиционного процесса и т. д. [26].

М.Т. Leung и др. в своей работе [27] исследуют полезность и эффективность метода принятия решений многокритериальной оптимизации для финансовой торговли, руководствуясь рядом, казалось бы разнообразных прогнозов аналитиков. В своей работе они предлагают подход целевого программирования, который объединяет в себе различные прогнозы, генерируемые различными методами прогнозирования. В работе [28] Т. Nasuike и Н. Ishii рассматривают несколько математических моделей выбора портфельных инвестиций с использованием сценарного моделирования, включающего неоднозначные факторы. Математическая теория очевидностей (свидетельств) Демпстера-Шафера, основанная на функции доверия и функции правдоподобия используется в обучении нейросетей модели для принятия решения на рынке ценных бумаг [29]. С.-С. Chou предлагает использовать методы обработки нечеткой информации для решения задачи многокритериальной оптимизации выбора размещения предприятия, где одним из критериев является условие для инвестиционных вложений [30]. Кроме этого, теория нечетких множеств применима к выбору портфеля ценных бумаг для того, чтобы минимизировать риск и максимизировать будущие доходы [31].

С развитием нейронных сетей увеличивается количество попыток выяснить, может ли обучение нейронных сетей привести к статистическим и экономически значимым преимуществам при принятии решений по управлению портфелем ценных бумаг [32]. Для этих целей используется метод

принятия решений ЗАПРОС-III, основывающийся на ранжировании многокритериальных альтернатив с вербальными оценками качества [33, 34].

Работа Р. Xidonas и др. вызывает интерес в связи с использованием будущих доходов в сценарном моделировании. Для этого они расширили традиционную формулировку минимаксного критерия потерь в многокритериальной задаче оптимизации [35].

Существующие методы анализа эффективности инвестиций являются одним из компонентов методологического исследования. Новые научно-технические решения оказывают влияние на способы исследования объектов финансирования, получения и обработки результатов. В данном аспекте методы компьютерного моделирования можно использовать как методы специфического научного познания, реализующих построение моделей объектов исследования и использование их как инструмент познания реальных процессов и явлений.

**Выбор инвестиционной стратегии.** Инвестиционная стратегия – это совокупность долгосрочных целей в области капитальных вложений (реальных инвестиций) и инвестиций в финансовые активы, развития производства, формирования оптимальной инвестиционной структуры, а также комплекса мероприятий по их достижению [36-38]. Инвестиционная стратегия может быть представлена как общее направление инвестиционной деятельности, следование которому в долгосрочной перспективе должно привести к достижению инвестиционных целей и ожидаемому инвестиционному эффекту. Инвестиционная стратегия определяет приоритеты областей и формы инвестиционной деятельности, характер формирования инвестиционных ресурсов и последовательность этапов реализации долгосрочных инвестиционных целей [39].

Существуют следующие два этапа процесса реализации стратегии [40, 41]:

– Этап стратегического планирования – разработка вариантов стратегических подходов, в том числе основной концепции для предприятия в целом и множества функциональных стратегий и индивидуальных проектов. Стратегические планы должны быть разработаны таким образом, чтобы они отвечали требованию целостности в течение длительного времени, но и сохраняли гибкость при принятии решений.

– Этап стратегического управления – процесс реализации выбранной стратегии во времени, ее корректировка в свете возникновения новых обстоятельств.

Управление стратегией направлено на достижение следующих основных целей [42]:

- Эффективное распределение и управление ресурсами в наличии.
- Адаптация к условиям внешней среды. Задача состоит в том, чтобы обеспечить эффективную адаптацию к изменяющимся внешним факторам (экономические изменения, политические факторы и др.).

В рамках реализации стратегии должны соблюдаться следующие ключевые направления:

– Стратегия формирования и выбора инвестиционной программы. Данная стратегия основана на разделении общих и стратегических целей организации на локальные (внутренние), но взаимосвязанные задачи.

– Стратегия привлечения инвестиционных ресурсов. Включает в себя разработку принципов формирования инвестиционного и оборотного капитала (на основе анализа внешних и внутренних источников финансирования). Поскольку каждый источник финансирования имеет свою цену, возникает проблема оптимизации структуры источников финансирования.

– Стратегия инвестирования ресурсов. Это набор правил и мер для инвестирования временно свободных денежных средств компании в финансовые инструменты или другие активы для максимизации прибыльности и снижения риска.

Основными этапами процесса формирования инвестиционной стратегии являются [43]:

- определение периода формирования инвестиционной стратегии;
- формирование стратегических целей инвестиционной стратегии;
- разработка наиболее эффективных путей реализации стратегических целей;
- конкретизация инвестиционной стратегии по периодам ее реализации;
- оценка разработанной инвестиционной стратегии.

В процессе формирования инвестиционной стратегии осуществляется широкий поиск и оценка альтернативных инвестиционных решений. Инвестиционная стратегия не является неизменной, ее следует периодически пересматривать и уточнять в зависимости от изменений внешнеэкономических условий и новых возможностей роста. Инвестиционная стратегия должна соблюдать следующие требования:

- максимизация прибыли от вложенных средств;
- минимизация финансовых рисков;
- обеспечение улучшения финансового состояния предприятия за счет эффективной инвестиционной деятельности.

Для достижения поставленных целей в процессе стратегического, тактического и оперативного планирования необходимо на постоянной основе проводить работы по решению следующих задач:

- проведение полевого исследования внешнего рынка;
- проведение технических и маркетинговых исследований с целью прогнозирования последствий инвестиций;
- поиск новых, более выгодных инвестиционных возможностей;
- оценка привлекательности инвестиционных проектов и выбор наиболее эффективных из них;
- оценка инвестиционных качеств финансовых инструментов и выбор наиболее эффективных из них;
- разработка бюджета капиталовложений;
- формирование оптимальной инвестиционной структуры;

- подготовка управленческих решений по своевременному выходу из неэффективных инвестиционных проектов и реинвестированию капитала.

Для определения эффективности стратегии инвестирования можно использовать известные критерии принятия решений в условиях неопределенности [44, 45]:

- Критерий Вальда  $b_{i^*j^*} = \max_{A_i} \min_{S_j} f(A_i, S_j)$ ,
- Критерий Гурвица  $b_{i^*j^*} = \max_{A_i} \left[ \tau \cdot \max_{S_j} f(A_i, S_j) + (1 - \tau) \cdot \min_{S_j} f(A_i, S_j) \right]$ ,
- Критерий Лапласа  $b_{i^*j^*} = \max_{A_i} \left\{ \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m f(A_i, S_j) \right\}$ ,

где

- $A_i, i = 1, 2, \dots, n$  – множество инвестиционных проектов, рассматриваемых в качестве претендентов на инвестирование,
- $S_j, j = 1, 2, \dots, m$  – возможные состояния рынка, оцененные экспертами для каждого проекта из предыдущего множества,
- $\tau$  – коэффициент доверия,
- $b_{i^*j^*}$  – доходность инвестиционного проекта  $A_{i^*}$  при  $S_{j^*}$  состоянии рынка.

**Анализ и оценка эффективности инвестиций.** Инвестор должен периодически контролировать и оценивать эффективность своего портфеля и выбранной портфельной стратегии. Эта оценка начинается с расчета рентабельности (окупаемости) инвестиций. Полученный фактический доход сравнивается с плановым - «базисным» или «эталонным». «Базисным» может служить рыночный индекс или минимальный доход, предусмотренный обязательствами. Это сравнение позволит инвестору определить, является ли его портфель высокоэффективным, релевантным (актуальным) или низкоэффективным по отношению к «базисному».

Под основным результатом проекта понимается рентабельность чистой прибыли, то есть отдача с каждой единицы инвестированного капитала. При этом, рассматривается не абсолютный прирост денежных средств, а их темп прироста, который в полном объеме покрывает изменение покупательской способности на протяжении необходимого периода, а также гарантирует безубыточный уровень прибыльности, который сможет покрыть риск инвестора, реализующего проект [46, 47].

Концептуальная оценка рентабельности инвестиционного проекта состоит из нескольких этапов [48]:

- анализ фактически достигнутых результатов проекта, с выделением понесенных инвестиционных затрат и результата непосредственно проекта;

- оценка эффективности понесенных инвестиций, состоящая из расчета показателей эффективности всего проекта и анализа эффективности участия в проекте.

Привлекательность проекта – это задача, которая заключается в оценке его доступной прибыльности, и решаемая двумя основными группами способов [49]:

- простые (статистические);
- динамические (методы дисконтирования).

Достоинством использования статистического метода оценки эффективности инвестиционных затрат считается его объективность, независимость от объема вложений, анализ доходности прибыли, информативность. Также, метод легко адаптируется с целью сопоставления результатов с разными уровнями риска. Рассматриваемые варианты с высоким аппетитом риска должны обладать существенной внутренней нормой прибыльности. Недочеты этого метода: трудность расчетов и вероятная субъективность выбора нормативной прибыльности, значительная зависимость от точной оценки грядущих финансовых потоков.

Динамический метод оценки эффективности чаще всего используется для оценки долгосрочных инвестиционных проектов, что требует дополнительных инвестиций в процессе их реализации. При использовании динамических методов особенную роль играет поиск ставок дисконтирования, позволяющих привести доходы и расходы к значениям, приближенным к реальным. Дисконтирование – это процесс перерасчета будущей стоимости денежного потока в текущую стоимость. При определении расчетной ставки дисконтирования учитываются многие факторы, такие как инфляция, стоимость всех источников средств для инвестиций и различные показатели риска.

При статистическом методе инвестиционного анализа проекта обычно применяют нижеследующие показатели [50, 51]:

- дисконтированный срок окупаемости (Pay-Back Period, PBP);
- чистая текущая стоимость (Net Present Value, NPV);
- внутренняя норма рентабельности (Internal Rate of Return, IRR).

Различные финансовые показатели описывают результаты проекта с разных сторон относительно ожидаемых результатов.

Помимо общепринятых показателей в последнее время проекты рассматриваются на предмет их социальной значимости для общества. Для оценки социальной значимости используется показатель общественной эффективности (социальной отдачи, SROI – social return on investment) [52]. Данный показатель позволяет оценить рентабельность инвестиционного проекта с социальной стороны, его возможной отдачи.

### **1.3 Программные комплексы, позволяющие управлять инвестициями**

Управление инвестиционной деятельностью – это процедура, которая позволяет максимально эффективно организовывать процессы своевременного

принятия решений, поиска источников финансирования и реализации инвестиционных проектов на предприятии [53].

Основные принципы управления инвестициями:

- непрерывный характер контроля;
- возможность корректировки принятых решений;
- неограниченность в использовании инвестиционных инструментов, если они способны решить поставленную задачу.

Методы принятия правильных инвестиционных решений называют системой управления инвестиционной деятельностью. Система управления подчинена пяти задачам процесса управления инвестициями описанных выше, одной из которых является оценка эффективности инвестиций.

Оценка эффективности инвестиций представляет большой научный и практический интерес, так как сроки окупаемости вложенного капитала и темпы его развития зависят от того, как беспристрастно и комплексно эта оценка проводится. Объективность и комплексность оценки эффективности инвестпроектов во многом определяется применением современных методов проведения этой оценки [54].

Оценка экономической эффективности инвестиционного проекта представляет собой сложный и трудоемкий процесс, требующий специальных знаний в различных областях: экономике, менеджменте, математике (математическая статистика, теория вероятностей, линейное программирование и др. области математики), а также отраслевых знаний по проекту и должен предусматривать учет неопределенности, состояния факторов внешней и внутренней среды, основанные на формировании гипотетически возможного набора сценариев его развития.

Формирование, оценка и анализ инвестиционной привлекательности проекта, а также анализ результатов деятельности предприятия, разработка стратегических планов их развития невозможны без использования современных методов инвестиционного проектирования и специальных компьютерных программ.

На сегодняшний день на рынке существует разнообразие вычислительных программ для проведения расчета и сравнительного изучения инвестпроектов. Ниже описаны некоторые из них.

**Программа для разработки бизнес-плана – «Инвестиционный анализ»** [55-57]. Инвестиционный анализ специализируется на разработке бизнес-плана, технико-экономического обоснования, а также оценки эффективности инвестиционных проектов. Инструмент позволяет рассчитывать и анализировать во времени следующие критерии эффективности инвестиционного проекта:

- Показатели коммерческой эффективности, которые учитывают экономические результаты для его непосредственных участников;
- Показатели бюджетной эффективности, представляющие результаты реализации инвестиционного проекта на общегосударственный, региональный и местный бюджеты;

– Показатели экономической продуктивности, отображающие затраты и результаты по проекту, которые учитывают, как интересы его участников, так и интересы общества в целом.

С использованием программного продукта можно рассчитать следующий перечень показателей эффективности проекта:

- срок окупаемости проекта как простой, так и дисконтированный;
- внутреннюю норму доходности проекта;
- модифицированную внутреннюю норму доходности;
- чистый денежный поток;
- чистый дисконтированный (приведенный) доход;
- индекс доходности;
- бюджетную эффективность;
- интегральный бюджетный эффект и др.

Результатом работы программного продукта по разработке бизнес-плана «Инвестиционный анализ» существует возможность подготовить проект аналитического отчета об эффективности вкладов. Отчет, включает в себя стандартные по форме таблицы и графики и может быть скорректирован и доработан пользователем по необходимости.

**Программное обеспечение «Альфа-Проект»** [58]. «Альфа-Проект» программное обеспечение (далее - ПО) для профессионального бизнес-планирования, финансового прогнозирования, анализа и оценки инвестиционных проектов. Функции ПО:

– Моделирование и планирование операционной деятельности в различных отраслях: производстве, торговле, услугах (планирование операций по отчетным периодам): риски, продажи, закупки, детализации.

– Моделирование и планирование финансовой деятельности: уставный капитал, кредитные средства, детализации.

– Моделирование и планирование инвестиционной деятельности: внеоборотные активы, детализации.

– Автоматизация отчетности: отчет о финансовом состоянии, отчет о прибылях и убытках, отчет о движении денежных средств (как прямым, так и косвенным методом).

– Аналитика: себестоимость производства и реализации единицы продукции, NPV, IRR, PP, анализ чувствительности NPV, оценка стоимости бизнеса, графический анализ.

**Финансовый анализ – ФинЭкАнализ** [59-62]. «ФинЭкАнализ» - профессиональная автоматизированная система комплексного финансово-экономического анализа хозяйственной деятельности предприятия. Программа разработана для:

- мониторинга финансового состояния предприятий для различных временных срезов (месячного, квартального или годового);
- составления прогнозных вариантов финансовой отчетности предприятия;
- осуществления экспресс анализа финансового состояния предприятия в краткие сроки как по фактическим, так и прогнозным данным;

- подготовки расшифровок и аналитических записок к бухгалтерской отчетности;
- подготовки аналитических выкладок для презентаций на соответствующих собраниях;
- помощи конкурсным управляющим по оздоровлению финансового состояния предприятия или представления аналитических материалов в суд и другим заинтересованным лицам;
- определения стратегии развития организации в среднесрочной и долгосрочной перспективе;
- проведения регламентируемых анализов в соответствии с нормативными актами контролирующих органов;
- анализа в процессе проведения аудита;
- прогнозирования вариантов возможного развития через составление матрицы финансовых стратегий.

Формируемый общий отчет состоит из следующих блоков расчета:

- анализ сравнительного аналитического баланса;
- анализ ликвидности баланса;
- анализ платежеспособности;
- анализ рыночной (финансовой) устойчивости;
- анализ деловой активности;
- анализ прибыли;
- анализ рентабельности;
- бальная оценка финансовой устойчивости;
- оценка кредитоспособности;
- оценка эффективности управления долями акций;
- расчет финансового рычага;
- анализ движения денежных средств;
- анализ состояния и воспроизводства основных средств;
- матричный анализ и т.д.

**Программа «Альт-Инвест (Сумм)»** [63]. «Альт-Инвест» — это программа для создания и анализа стратегического бюджета компании. Она предназначена для:

- оценки инвестиционных проектов,
- планирования развития бизнеса,
- подготовки бизнес-планов средних и крупных компаний.

Версия «Альт-Инвест Сумм» позволяет объединить множество проектов или бизнесов в один бюджет и анализировать деятельность группы компаний. Возможности программы:

– Планирование: продажи, затраты, инвестиции, налоги; учет макроэкономических прогнозов; учет существующих активов и обязательств; моделирование инфляции; различные налоговые режимы и любые настройки ставок и условий по налогам; автоматический подбор графиков финансирования.

– Отчетность: отчет о прибылях и убытках; отчет о движении денежных средств; баланс; прогноз доходов и расходов с подробной информацией по видам статей; прогноз уплаты налога; выбор часто используемых графиков и дополнение их своими; мгновенное создание компактной версии отчетов для включения в бизнес-планы и презентации.

– Анализ: NPV, IRR, PBP, MIRR, ...; рентабельность, устойчивость, ликвидность; свободный денежный поток; анализ чувствительности, сценарии; оценка бизнеса.

**«Project Expert» - программа для разработки бизнес-планов и оценки инвестиционных проектов [64, 65].** Аналитическая система «Project Expert» – это продукт, который позволяет «прожить» планируемые инвестиционные решения без потери финансовых ресурсов, предоставляет необходимую финансовую отчетность потенциальным инвесторам и кредиторам, чтобы обосновать для них эффективность участия в проекте.

Он дает возможность имитировать развитие деятельности различных секторов экономики и разномасштабных бизнесов. Возможности «Project Expert»:

- разработка бизнес-планов, оценка и отслеживание реализации инвестиционных проектов;
- формирование прогнозной финансовой и управленческой отчетности, расчет финансовых показателей и показателей эффективности инвестиций;
- развёрнутая финансовая модель с формированием: плана сбыта, плана производственной деятельности, инвестиционного плана проекта, а также описание экономического окружения;
- определение потребности в финансировании: моделирование различных вариантов финансирования (собственное или внешнее), обоснование необходимого размера инвестиций для потенциальных участников финансирования;
- оценка инвестиционных проектов: анализ чувствительности итоговых результатов, анализ безубыточности, сценарный анализ, анализ группы проектов;
- оценка рисков инвестиционных проектов: статистический анализ, учет рисков в ставке дисконтирования;
- оценка стоимости бизнеса: доходные методы оценки бизнеса, сравнительный метод оценки стоимости бизнеса;
- контроль показателей эффективности проекта в ходе и по итогам его реализации: мониторинг текущих изменений и корректировка плана;
- дружелюбный интерфейс и расширенные сервисные возможности: экспертные заключения, анализ изменений, авто создаваемые таблицы, мастер проектов, пересчет валют.

**ПО COMFAR [66, 67].** В 1983 году была выпущена первая версия данного ПО. С тех пор UNIDO (Организация Объединенных Наций по Промышленному Развитию) постоянно работает над его развитием и улучшением.

COMFAR – это программа, созданная с целью проведения анализа инвестиционных проектов. Главный модуль программы принимает финансовые и экономические данные, формирует финансовые и экономические отчеты. В программу также включен метод анализа издержек и выручки, метод добавочной стоимости в экономическом анализе, созданные UNIDO.

Программа применима для анализа инвестиций в новые проекты, расширения или модернизации действующих предприятий. При создании совместных предприятий можно учитывать финансовые перспективы каждого партнера или класса акционеров. Анализ может проводиться с использованием различных допущений относительно инфляции, девальвации валюты и роста цен.

#### **1.4 Постановка цели и задач исследования**

Инвестиционная сфера относится к числу наиболее проблемных областей финансового развития Казахстана. Реальной мерой эффективности рыночных реформ выступают их общественно-финансовые показатели, которые непосредственно получают в регионах. В отечественной экономике, невзирая на общие признаки роста, сохраняется и углубляется неравномерность регионального развития. В результате экономика регионов нуждается в эффективных механизмах управления инвестиционной деятельностью. В этих условиях приобретает актуальность применение современных управленческих и программных подходов к осуществлению инвестиционной деятельности [68].

Таким образом, актуальность рассматриваемой проблемы предопределила выбор темы диссертационной работы и основные направления исследования.

Целью исследования является разработка моделей и методов для анализа эффективности инвестиционных вложений при помощи аналитико-имитационного моделирования с учетом неопределенности множества экономических параметров.

Для достижения данной цели необходимо решить следующие задачи:

- 1) разработать функциональную схему и структуру имитационно-аналитической системы;
- 2) разработать методы и алгоритмы компьютерного моделирования нестабильных параметров с нестандартно заданными законами распределения и с учетом фактора многомерности, нестабильных ситуаций, связанных с рисками, форс-мажором и другими факторами;
- 3) осуществить анализ и обоснование выбора оптимизационных моделей распределения средств при различных приоритетах и рисках;
- 4) разработать методы оптимизации распределения средств с учетом нестабильности и «возмущенности» параметров моделей задач;
- 5) разработать методы и алгоритмы компьютерного анализа распределения средств по различным приоритетам, влияния нестабильности экономических процессов и факторов риска на эффективность инвестиционных программ.

Таким образом, сформулирована цель и определены основные задачи исследования по созданию функциональной схемы имитационно-аналитической системы моделирования и анализа эффективности инвестиционной деятельности.

### **Выводы по 1 разделу**

1. Изучены и выделены основные показатели, необходимые для проведения инвестиционного анализа, дающие основное понимание об эффективности проектов.

2. В результате анализа существующих подходов к исследованию анализа эффективности инвестиционной деятельности обоснована необходимость использования имитационного моделирования как одного из существующих эффективных методов исследования в условиях неопределенности.

3. На основе выявленных проблем проведения анализа эффективности инвестиционной деятельности в условиях неопределенности сформулирована цель и определены задачи настоящего исследования.

4. Основные результаты раздела опубликованы в [45, 69].

Решению сформулированных задач посвящены следующие главы.

## **2 РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ИНВЕСТИЦИЯМИ**

### **2.1 Объект исследования**

Целью инвестиционного анализа является объективная оценка целесообразности инвестиций, а также выбор наиболее эффективного инвестиционного проекта из нескольких альтернативных [70].

Объектами инвестиционного анализа являются конкретные виды реальных и финансовых вложений, которые анализируются субъектом. Объекты инвестиционного анализа могут быть различны в зависимости от вида рассматриваемых вложений [71].

Объектом анализа реальных инвестиций являются индивидуальные проекты или их комбинации, в том числе инвестиции, влияющие на увеличение долгосрочных активов (основных средств) предприятия.

При анализе финансовых инвестиций как объекта анализа возникают различные организационно-правовые и финансовые аспекты инвестирования в финансовые инструменты [72].

### **2.2 Разработка структуры информационной системы управления инвестициями**

Структура аналитической системы должна обеспечивать выполнение следующих основных этапов (см. рис. 2.1) [73, 74]:

- предварительное рассмотрение проектов;
- осуществление экспертизы проектов;
- анализ эффективности инвестиций;
- оптимизация инвестиционных параметров.

Укрупненная структура имитационной системы анализа эффективности инвестиционной деятельности инвестора должна обеспечить выполнение всех процедур, приведенных на рис. 2.2 [75-77].

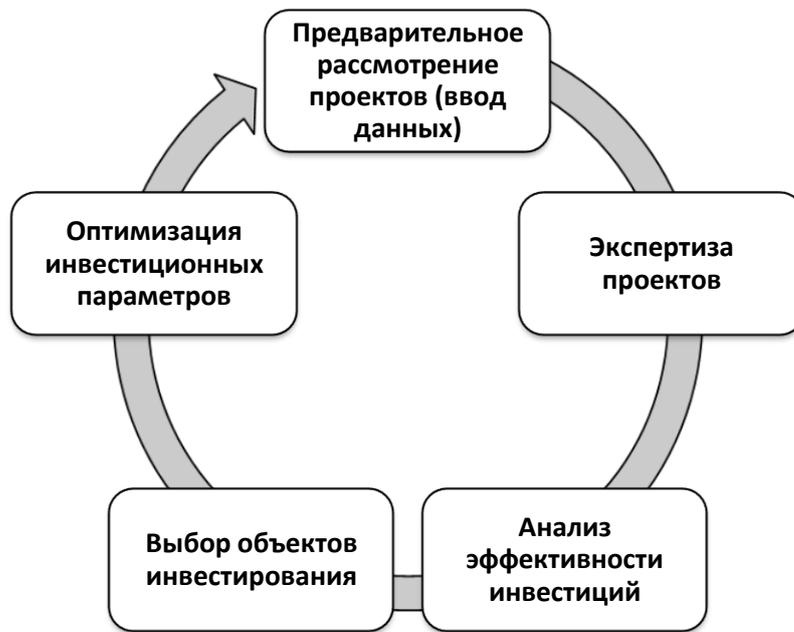


Рисунок 2.1 – Функциональная схема аналитической системы

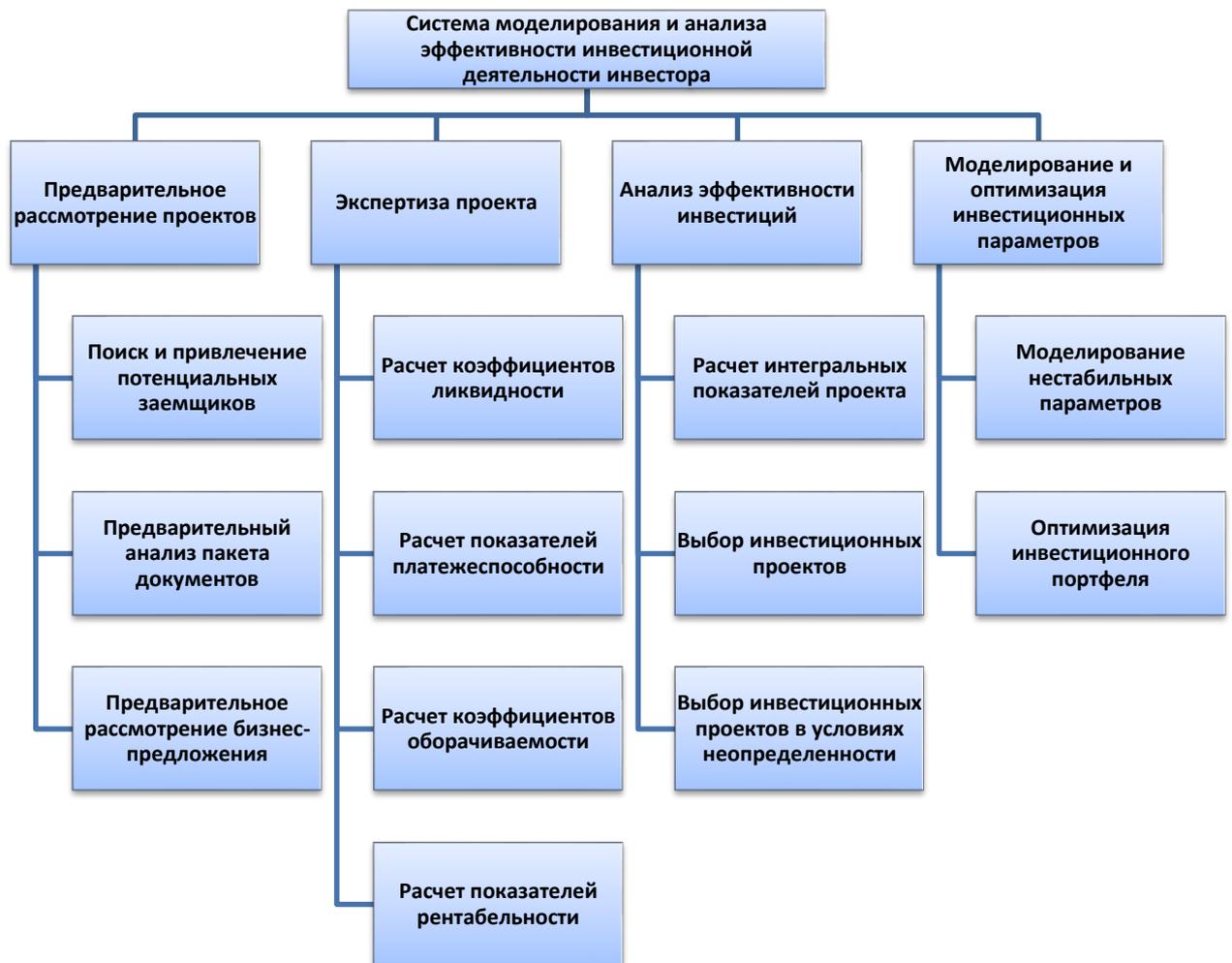


Рисунок 2.2 – Структура имитационной системы анализа эффективности инвестиционной деятельности инвестора

Имитационно-аналитическая система управления инвестициями должна решать следующие задачи:

*Задача 1.* Сформировать базу данных (загрузка предварительных данных по бизнес-предложениям).

*Задача 2.* Провести экспертизу проектов (расчет коэффициентов ликвидности; платежеспособности; коэффициентов оборачиваемости; показателей рентабельности). Занесение полученных данных в базу данных.

*Задача 3.* Выполнить скрининг (выборка из базы данных по заданным критериям). Если данных достаточно для задачи размещения инвестиционного портфеля, то перейти на решение задачи 5, в противном случае перейти на задачу 4.

*Задача 4.* Провести анализ эффективности инвестиций (расчет интегральных показателей; моделирование и оценка интегральных показателей. Занести полученные результаты в базу данных. Вернуться на шаг 3.

*Задача 5.* Провести моделирование нестабильных параметров. Занести полученные результаты в базу данных.

*Задача 6.* Решить задачу размещения инвестиционного портфеля.

### **2.3 Предварительное рассмотрение и экспертиза инвестиционных проектов**

Предварительное рассмотрение инвестиционных проектов предполагает поиск и привлечение потенциальных объектов инвестирования, рассмотрение и предварительную экспертизу бизнес-предложений (БП). Этот процесс осуществляется в три этапа:

- 1) привлечение потенциальных объектов инвестирования с целью предварительного определения вариантов финансирования;
- 2) рассмотрение БП на предмет возможности их инвестирования с учетом требований законодательства РК, а также привлекательности для инвестора;
- 3) ввод данных в систему.

На этапе экспертизы проектов осуществляется экспертиза финансового состояния и перспектив развития объектов инвестирования основываясь на его отчетности за предыдущие фактические периоды, в том числе технико-экономической документации. Следующие группы показателей обобщают результаты проведенной экспертизы [78, 79]:

1. Коэффициенты ликвидности (используются для оценки способности объекта инвестирования исполнять свои краткосрочные обязательства): коэффициент текущей ликвидности; коэффициент быстрой ликвидности.
2. Коэффициенты оборачиваемости (используются для оценки производительности текущей деятельности и действующей политики в области управления ценами, сбытом и закупок).

3. Показатели рентабельности: коэффициент рентабельности продаж; коэффициент рентабельности активов.

Приведенный список основных оценочных показателей может быть расширен в зависимости от ситуации и требований, предъявляемых на момент проведения анализа.

## 2.4 Анализ эффективности инвестиций

Данный этап осуществляется с использованием методики оценки привлекательности инвестиционных проектов (далее – ИП), в которой для выбора проекта используются различные показатели. Кроме того, различные финансовые показатели характеризуют проект с разных точек зрения в соответствии с интересами различных заинтересованных сторон, связанных с инвестором.

Основными критериями, используемыми при анализе инвестиционной деятельности (интегральные показатели), являются [25, 73, 80-83]:

1) чистый дисконтированный доход, чистая приведенная стоимость, *NPV* (Net Present Value). *NPV* показывает, достигли ли инвестиции желаемой отдачи за рассматриваемый период времени:

- $NPV > 0$ : ИП принять, существует возможность получения дополнительного дохода сверх нормативной прибыли;
- $NPV < 0$ : ИП убыточен, прогнозируемые денежные поступления не обеспечивают минимальной нормативной доходности и возврата инвестиций;
- $NPV = 0$ : ИП не принесет ни прибыли, ни убытков.

2) внутренняя норма доходности (норма возврата инвестиций), *IRR* (Internal Rate of Return). *IRR* определяется как ставка дисконтирования ( $E_s$ ), при которой  $NPV = 0$ , т. е. ИП не обеспечивает роста стоимости компании, но и не приводит к ее снижению. *IRR* иногда называют поверочным дисконтом, так как он позволяет найти граничное значение ставки дисконтирования, для которого граничные инвестиции на приемлемые и убыточные. Для этого *IRR* сравнивают с принятой для проекта нормой ставки дисконтирования  $E_s$  (если  $IRR > E_s$  – проект приемлем, т.к.  $NPV > 0$ , если  $IRR < E_s$  – проект не приемлем, т.к.  $NPV < 0$ , если  $IRR = E_s$  – можно принимать любое решение, т.к.  $NPV = 0$ );

3) индекс рентабельности, *PI* (Profitability Index). При расчете *PI* могут учитываться либо все капитальные вложения за отчетный период, включая инвестиции в замещение выбывающих основных средств, либо только первоначальные инвестиции, осуществляемые до ввода предприятия в эксплуатацию.  $PI = 1$ : ИП едва гарантирует получение минимальной нормативной доходности;  $PI > 1$ : ИП принять, чем  $> 1$ , тем лучше ИП;  $PI < 1$ : ИП невыгоден и не обеспечивает минимальную нормативную прибыль;

4) период окупаемости, *PP* (Payback Period). У рентабельного проекта *PP* должен быть меньше продолжительности проекта;

5) рентабельность инвестиций, *ROI* (Return On Investment). Расчет рентабельности инвестиций проводится на основе дохода до процентных и

налоговых платежей либо дохода после налоговых, но до процентных платежей;

б) общественная эффективность, *SROI* (Social Return On Investment). Общественная эффективность проекта описывает общественно-финансовые результаты воплощения проекта для общества в целом, т.е. она учитывает не только конкретные показатели и издержки проекта, но и «внешние» по отношению к проекту издержки и показатели в смежных секторах экономики, финансовые, общественные и другие внеэкономические эффекты, обычно, дается качественная оценка ( $0 < SROI < 1$ ).

Все расчеты показателей эффективности (интегральных показателей) производятся с дисконтированными денежными потоками, представляющими собой приток денежных средств, или поступления денежных средств, и отток денежных средств, или денежные выплаты, в ходе реализации проекта.

В следующих главах будут описаны методы имитационного моделирования для расчета показателей в условиях неопределенности и оптимизации инвестиционных параметров.

### **Выводы по 2 разделу**

1. Разработана функциональная схема выбора перспективного инвестиционного проекта в условиях неопределенности, которая может быть использована в процессе создания проекта, позволяющего описать инвестиционную деятельность.

2. Разработана структура имитационной системы анализа эффективности инвестиционной деятельности инвестора, в основе которой находится теория принятия решений, зарекомендовавшая себя в организационной, социальной и других сферах человеческой деятельности.

3. Основные результаты раздела опубликованы в [73, 74, 77].

### 3 РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ И АЛГОРИТМОВ АНАЛИЗА ЭФФЕКТИВНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ИНВЕСТИЦИОННОГО ПОРТФЕЛЯ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ И РИСКА

#### 3.1 Метод расчета социальной отдачи инвестиционного проекта

Социальная отдача инвестиций или общественная эффективность (*SROI*) – это показатель, который определяет ценность социальной отдачи от инвестиционного проекта в денежном выражении. Базовое допущение, заложенное в основу расчета *SROI*, заключается в измерении и понимании финансового воздействия экономических организаций (предприятий частного бизнеса, государственных учреждений и др.) на людей, общество и окружающую среду. Рассматриваемое воздействие может быть, как «экономического» характера, так и «социального» либо «экологического». Показатель *SROI* учитывает «социальное воздействие», имея в виду все вышеперечисленные факторы влияния в целом. Ценность, измеряемая с помощью анализа *SROI*, – это добавленная стоимость, повышающая степень эффективности инвестиций. Вместе с тем, при этом не рассматривается социальная ценность, которая могла бы иметь место и без социального действия рассматриваемых субъектов, а учитывается только то, что прямо или косвенно связано с этой исследуемой деятельностью [52].

Существует несколько методов оценки общественной эффективности и применения ее, при этом выделяются два типа анализа:

- Оценочный анализ – метод, в основе которого лежит анализ фактических результатов, которые уже произошли или находятся в процессе;
- Прогнозный анализ – метод, который прогнозирует какая дополнительная финансово-социальная ценность будет создана, в случае если запланированные действия достигнут ожидаемых результатов.

Некоторые эксперты предлагают оценивать величину *SROI* в виде коэффициентов, полученных путем деления социально-экономической стоимости на чистую приведенную стоимость, иные применяют метод экспертных оценок. Из чего следует, что исследователи в своих оценках могут использовать различные способы и подходы.

#### 3.1.1 Определение значений общественной эффективности методом экспертных оценок

Рассмотрим метод экспертных оценок, основанный на методе Черчмена–Акоффа, который предполагает последовательную корректировку экспертных оценок предпочтительности для значений *SROI* [25].

Рассмотрим множество инвестиционных проектов

$$A = \{A_i, i = 1, 2, \dots, n\}.$$

Величины общественной полезности каждого из них обозначим через  $SROI_i, i = 1, 2, \dots, n$ . Для нахождения конкретных величин  $SROI_i$ , на базе метода

измерения полезностей Черчмена-Акофа, выстроим последующий модифицированный алгоритм оценки допущений.

*Шаг 1.* Провести ранжирование проектов путем присвоения им порядкового номера, таким образом, чтобы проект  $A_1$  был бы наиболее, а проект  $A_n$  – наименее предпочтительным. Из этого следует, что

$$SROI_i > SROI_{i+1}, i = 1, 2, \dots, n - 1.$$

*Шаг 2.* Отрезок  $[0,1]$  возможных величин  $SROI$  делится на  $n$  равных подынтервалов длины  $\Delta$ .

*Шаг 3.* В соответствии с экспертными оценками в таблицу Черчмена-Акофа проставляют знаки предпочтения (см. таблица 3.1)

*Шаг 4.* Рассчитать предварительные величины  $SROI$  по формуле

$$SROI_i = 1 + \Delta(1 - i), i = 1, 2, \dots, n.$$

*Шаг 5.* Полученные предварительные величины  $SROI_i$  подставляют в неравенства таблицы Черчмена-Акофа и корректируют в обратной последовательности нарушенные неравенства с минимальным шагом  $\Delta/2$ . Конечные значения  $SROI_i, i = 1, 2, \dots, n$ , полученные таким образом, будут представлять величины общественной эффективности рассматриваемых проектов  $A_i, i = 1, 2, \dots, n$ .

Таблица 3.1 – Таблица Черчмена-Акофа

$SROI_1$ или $SROI_1 + SROI_2 + \dots$ $SROI_n$	$SROI_2$ или $SROI_3 + SROI_4 + \dots$ $SROI_n$	.	$SROI_{n-2}$ или $SROI_{n-1} + SROI_n$
$SROI_1$ или $SROI_1 + SROI_2 + \dots$ $SROI_{n-1}$	$SROI_2$ или $SROI_3 + SROI_4 + \dots$ $SROI_{n-1}$	.	
$SROI_1$ или $SROI_1 + SROI_2 + \dots$ $SROI_{n-2}$	$SROI_2$ или $SROI_3 + SROI_4 + \dots$ $SROI_{n-2}$	.	
.	.	.	
.	.	.	
.	.	.	
$SROI_1$ или $SROI_1 + SROI_2$	$SROI_2$ или $SROI_3 + SROI_4$	.	END

Отбор осуществляется до тех пор, пока не останется альтернатив.

### 3.1.2 Моделирование возможных значений общественной эффективности

При наличии теоретических данных или полученных на основе статистических моделей данных изменений компонентов общественной полезности, упомянутых выше, их возможные прогнозные значения могут быть смоделированы и, следовательно, оценочные значения социальной эффективности рассматриваемых инвестиционных проектов могут быть оценены.

Представим социальную эффективность  $SROI$  конкретного инвестиционного проекта в виде случайной векторной переменной  $SROI = (P_1, P_2, \dots, P_m)$ , где  $P_i$  –  $i$ -й компонент социальной эффективности, например  $P_1$  – социальные результаты,  $P_2$  – экологические результаты и т.д., а  $F_i(p)$  – законы распределения значений компонента  $i$ .

Для оценки возможных значений общественной эффективности необходимо смоделировать случайные величины  $P_i, i = 1, 2, \dots, n$ , т. е. найти их реализации  $p_i$  по заданным законам распределения. При условиях, что законы распределения представлены простыми аналитическими зависимостями можно использовать метод обратной функции. Метод основан на утверждении: «Случайная величина  $\eta$ , реализация  $x$  которой определяется из выражения  $F(x) = z$  или  $x = F^{-1}(z)$ , где  $z$  – реализация базовой случайной величины  $\zeta$ , имеет плотность распределения  $f(x)$ ». Доказательство данного утверждения приводится в [84].

Для моделирования компонент  $P_i, i = 1, 2, \dots, n$ , законы распределения которых представлены достаточно сложными аналитическими зависимостями, либо заданы в виде графиков или таблиц и наложено ограничение  $p \in [a, b]$  можно применить метод исключения Джон фон Неймана, имеющего более прикладной характер. Метод Джон фон Неймана основан на утверждении [84], что для  $z_1, z_2$  – независимых реализаций базовой случайной величины  $\zeta$  и  $x = a + z_1(b - a), y = Mz_2$  случайная величина  $\eta$ , определенная из условия  $\eta = x$  и  $y < f(x)$ , имеет плотность распределения  $f(x)$ .

Таким образом, после определения возможных реализаций  $p$  всех компонент  $P_i, i = 1, 2, \dots, n$ , эксперты могут оценить значение общественной эффективности  $SROI$  конкретного проекта.

### 3.1.3 Моделирование возможных значений общественной эффективности с учетом фактора многомерности

Представим социальную эффективность  $SROI$  конкретного рассматриваемого инвестиционного проекта в виде векторной случайной величины [84]

$$SROI = (P_1, P_2, \dots, P_n),$$

где  $P_i$  –  $i$ -й соответствующий компонент эффективности, например,  $P_1$  – социальные результаты,  $P_2$  – экологические результаты и т. д.

Если  $SROI$  задать совместной функцией плотности, то решение задачи сводится к последовательной выработке реализаций скалярных величин  $P_i, i = 1, 2, \dots, n$  методом последовательного моделирования.

Предположим, что множество  $SROI = (P_1, P_2, \dots, P_n)$  задано совместной функцией плотности и ограничено сверху

$$f_{\eta}(x_1, \dots, x_n) \leq f_m,$$

а каждый из показателей  $P_i$  определен на отрезке  $[a_i, b_i], i = 1, n$ . В этом случае для решения задачи можно использовать обобщенный метод исключения Неймана.

Совместный закон распределения системы случайных величин является полной и исчерпывающей характеристикой векторных случайных величин. По факту, однако, не всегда удается получить адекватные законы распределения векторных случайных величин. Поэтому чаще всего для этих величин определяются математические ожидания  $M[\eta_i] = m_i, i = 1, n$ , дисперсии  $D[\eta_i] = \sigma_i^2, i = 1, n$  и корреляционные моменты  $R_{ij} = M[(\eta_i - m_i)] = r_{ij}, i =$

$1, n, j = 1, n$  [85]. Если для каждого компонента вектора социальной эффективности  $SROI$  получить их дескриптивные показатели, то для моделирования случайных векторов, заданных этими числовыми характеристиками, можно воспользоваться методом моментов.

При практическом применении метода моментов следует не забывать, что этот метод обеспечивает соответствие моделируемого случайного вектора значений социальной эффективности лишь с заданным корреляционным моментом и не всегда обеспечивает его адекватность закону распределения. Исключение составляет нормальное распределение, где моделирование методом моментов нормальных случайных векторов равносильно моделированию по заданным многомерным распределениям [86, 87].

### 3.2 Алгоритм выбора инвестиционных проектов

Допустим имеется множество инвестиционных проектов

$$A = \{A_i, i = 1, 2, \dots, n\},$$

для каждого из которых вычислены показатели социальной эффективности, образующие множество

$$SROI = \{SROI_j, j = 1, 2, \dots, n\}.$$

Значения этого и других интегральных показателей (далее – ИП) для рассматриваемых  $n$  инвестиционных проектов представим в виде матрицы

$$P = \begin{pmatrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1m} \\ P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{n1} & P_{n2} & \dots & P_{nm} \end{pmatrix} \quad (3.2.1)$$

Применительно к показателям эффективности инвестиций таким как  $NPV$ ,  $IRR$ ,  $PI$ ,  $PP$ ,  $ROI$  и  $SROI$  матрицу можно представить в виде таблицы 3.2.

Таблица 3.2 – Таблица данных

$A_i \backslash ИП$	$NPV$	$IRR$	$PI$	$PP$	$ROI$	$SROI$
$A_1$	$P_{11}$	$P_{12}$	$P_{13}$	$P_{14}$	$P_{15}$	$P_{16}$
$A_2$	$P_{21}$	$P_{22}$	$P_{23}$	$P_{24}$	$P_{25}$	$P_{26}$
...	...	...	...	...	...	...
$A_n$	$P_{n1}$	$P_{n2}$	$P_{n3}$	$P_{n4}$	$P_{n5}$	$P_{n6}$

Чтобы выбрать среди множества проектов один или несколько проектов с лучшими показателями, вы можете использовать классические методы теории голосования (Парето, Борда, Кондорсе). С учетом того, что количество выбираемых проектов не всегда известно, наиболее целесообразным в данном случае, является метод Борда. Суть метода Борда заключается в определении итогов отбора в виде количества баллов, присвоенных каждому из претендентов. Таким образом, при избирании  $n$  претендентов каждый избиратель ранжирует всех претендентов строго в порядке убывания

предпочтения. За первое место, согласно преференсу, претенденту присуждается  $n$  баллов, за второе –  $n-1$  баллов и т. д., суммируются все баллы, набранные претендентами. Согласно этому, победителем выборов считается претендент, получивший наибольшее общее количество баллов.

Что касается проблемы выбора инвестиционных проектов, в которых не всегда возможно строгое ранжирование значений всех показателей, алгоритм этого метода может быть представлен следующим образом:

*Шаг 1.* Назначить  $j = 1$ .

*Шаг 2.* Ранжировать элементы  $j$ -го столбца матрицы (3.2.1) в порядке убывания значений ее элементов.

*Шаг 3.* Присвоить ранг  $r = n$  – первому элементу ранжированной последовательности, ранг  $r = n - 1$  следующему элементу последовательности и т.д. до завершения процедуры присвоения по характеристикам  $r = 1$  или  $r = k$ , где  $k$  число элементов  $j$ -го столбца матрицы характеристик, идентичных любым другим элементам этого столбца.

*Шаг 4.* Проверить условие  $j \leq m$ . Если это так, перейти на шаг 5, в противном случае перейти на шаг 6.

*Шаг 5.* Рассчитать  $j = j + 1$  и перейти на шаг 2.

*Шаг 6.* Для каждого проекта  $A[i], i = 1, 2, \dots, n$  определить его ранг  $r[i]$  как сумму значений по всем столбцам.

*Шаг 7.* Подведение итогов.

Ранги инвестиционных проектов, полученные таким образом, формируют основу для выбора подмножества  $B \in A$ , содержащего проекты, подходящие для инвестиций из начального множества  $A$ .

### 3.3 Расчет и интерпретация показателей эффективности инвестиционных затрат

Чистый приведённый доход  $NPV$  можно представить в виде [88]:

$$NPV = \sum_{j=1}^m R_j(1+i)^{-\tau_j} - \sum_{j=1}^k I_j(1+i)^{-\tau_j}, \quad (3.3.1)$$

где  $R_j$  – величина чистого дохода, полученного в момент времени  $\tau_j, \tau_1 < \tau_2 < \dots < \tau_m$ ,  $I_j$  – инвестиционные затраты в момент времени  $\tau_j, \tau_1 < \tau_2 < \dots < \tau_k$ ;  $i$  – годовая ставка дисконтирования, одинаковая для всех вариантов сравниваемых проектов.

Ориентируясь на величину чистого текущего дохода, из числа ряда инвестиционных проектов инвестор склонен выбирать тот проект, для которого  $NPV$  примет наибольшую величину.

В классической литературе [75, 76] при расчете  $NPV$  предполагается, что величины инвестиций  $I_j$  и доходности по ним  $R_j$  – обусловлены и заданы. Вместе с тем, в реальности, это условие фактически не выполняется, поскольку значения инвестиционных вложений  $I_j, j = 1, \dots, k$  можно считать заданными и определенными, чего нельзя сказать о величинах планируемых доходов  $R_j, j = 1, \dots, m$ , которые инвестор планирует получить в будущем, после того как

реализация инвестиционного проекта будет завершена и проект начнет генерировать доход.

В данном разделе при определении значения  $NPV$  инвестиционного проекта будем исходить из следующих допущений. Представим, что рентабельность инвестиций  $R_j, j = 1, \dots, m$  (все или часть из них) – случайные величины с заданными (возможно, экспертным способом) или прогнозируемыми (с использованием статистических наблюдений для подобных проектов) законами распределения вероятностей. Даны и определены моменты времени инвестиций и отдачи от них. В этом случае значение  $NPV$  также будет случайным, и инвесторов в данной ситуации будут интересовать его среднее значение, дисперсия и вероятность попадания в заданный отрезок или вероятность того, что один вариант окажется лучше другого по значению  $NPV$ . Опираясь на эти числовые характеристики, инвестор сможет сделать выбор в пользу того или иного инвестиционного проекта. Рассмотрим несколько вариантов законов распределений для априорно заданных величин чистого дохода  $R_j, j = 1, \dots, m$ .

1. *Дискретное распределение.* Простейший уровень априорной информации, где величины отдачи от  $R_j, j = 1, \dots, m$  можно рассматривать как дискретные случайные величины. Несомненно, что в данном случае  $NPV$  также будет случайной, дискретной величиной. Из чего следует, что вычислить все возможные числовые характеристики  $NPV$  можно будет из распределения вероятностей  $NPV$ .

2. *Абсолютно-непрерывное распределение.* В данном подходе предположим, что лишь одна, наиболее удалённая от момента подписания контракта на реализацию проекта, отдача от инвестиций  $R_m$  будет случайной величиной, обладающей «трапецеидальным» распределением вероятностей на интервале  $[a, d]$  с плотностью распределения

$$p_{R_m}(x) = \begin{cases} \frac{2(x-a)}{(b-a)(d+c-a-b)}, & a \leq x \leq b, \\ \frac{2}{d+c-a-b}, & b \leq x \leq c, \\ \frac{2(d-c)}{(d-c)(d+c-a-b)}, & c \leq x \leq d, \end{cases} \quad (3.3.2)$$

где  $a \leq b \leq c \leq d$ . Если  $a = b$  и  $c = d$ , то (3.3.2) будет искать равномерное распределение на сегменте  $[a, d]$ , соответствующее наименьшему уровню априорной информации, доступной заинтересованному лицу. Ему известно только минимальное значение  $a$  и максимальное значение  $d$ , между которыми  $R_m$  может изменяться, и считает, что с равной вероятностью  $R_m$  может оказаться в любом сегменте одинаковой длины из этого отрезка.

Когда  $b = c$ , уравнение (3.3.2) характеризует «треугольное» распределение, соответствующее более высокому уровню априорной информации, которое дополнительно гарантирует наибольшую вероятность попадания в сегменты одинаковой длины, расположенные вблизи точки  $b$ , чем в аналогичные сегменты, расположенные ближе к концам отрезка  $[a, d]$ .

Если  $a < b < c < d$ , то это ещё более высокий уровень априорной информации, когда инвестор в интервале  $[a, d]$  выделяет подинтервал  $[b, c]$ , в котором, скорее всего, будет находиться  $R_m$ . В этом случае вид плотности (3.3.2) будет представлять собой трапецию.

Определим следующие равенства:

$$\begin{aligned} \zeta &= R_m, \\ \alpha &= \sum_{j=1}^{m-1} R_j (1+i)^{-\tau_j} - \sum_{j=1}^k I_j (1+i)^{-\tau_j}, \\ \beta &= (1+i)^{-\tau_m}. \end{aligned}$$

Тогда определение чистой приведенной стоимости (3.3.1) можно представить в следующем виде

$$NPV = \alpha + \beta\zeta.$$

### 3.4 Разработка методов моделирования инвестиционных рисков

Различные аналитические модели и методы, используемые сегодня для управления и анализа риска, содержат, наряду с достоинствами, ряд недостатков: они лишь дают возможность обобщенно обрисовать процесс, идеализируя и упрощая составляющие его элементы.

Иным методом оценки риска в инвестиционном анализе может быть имитационное моделирование, позволяющее максимально приблизить модель к настоящей ситуации. На сегодняшний день этот подход становится одним из наиболее приоритетных методов оценки рисков. Но при использовании имитационной модели не исключена необходимость в аналитических моделях. Они являются частью анализа эффективности инвестиций. Первоначально проводится аналитическое моделирование, показатели которого служат ориентиром при формировании имитационной модели в последующем и могут быть применены при валидации модели.

В процессе проведения имитационного эксперимента с моделью экономической системы можно выделить и определить следующие этапы [89]:

- определение ключевых параметров, являющихся базовыми в моделируемой экономической системе, выявление взаимосвязи между входными и выходными показателями в виде математических уравнений;
- оценка законов распределения вероятностей для ключевых параметров модели. Для оценки используется аналитический аппарат анализа, статистические и вероятностные методы оценки;
- осуществление компьютерной имитации рассматриваемого бизнес-процесса;
- оценка полученных характеристик распределений выходных показателей;
- проведение анализа полученных итогов и принятие решения. На этом этапе также используется статистический анализ, который позволяет наиболее полно изучить полученные результаты. На основе анализа составляется прогноз параметров и развития бизнес-процесса в целом.

Реализация каждого этапа алгоритма зависит от того, какую модель системы необходимо построить. Разберем задачу построения имитационной модели исследуемого ИП.

Основой для формирования имитационной модели ИП является моделирование в каждый рассматриваемый период времени денежных потоков, возникающих при реализации ИП. В этом случае расчетные значения чистой приведенной стоимости проекта ( $NPV$ ) и величины чистого дисконтированного потока платежей за период времени  $t$  ( $NCF_t$ ) будут использоваться для оценки риска инвестиционного проекта. Чем больше разница между полученным значением  $NCF_t$  от среднего математического ожидания, тем больше риск проекта [90, 91]. Как правило, для оценки риска используются статистические показатели, такие как дисперсия, среднее значение, стандартное отклонение и разновидности чистой приведенной стоимости проекта.

Прежде всего, в ходе анализа определяются факторы риска, которые могут существенно повлиять на изменение денежных потоков и общей чистой приведенной стоимости проекта в целом. К таким факторам относятся:

- определяемые факторы ИП: постоянные затраты ( $F$ ), уровень амортизационных отчислений ( $A$ ), ставка налога на прибыль ( $T$ ), ставка дисконтирования (стоимости капитала) ( $r$ ), период реализации проекта ( $n$ ), объем начальных инвестиций ( $I$ );

- стохастические факторы: программа реализации товара ( $Q$ ), цена за единицу продукции ( $P$ ), переменные затраты на производство единицы товара ( $V$ ).

Приведенный выше перечень не является полным и может быть уточнен при более детальном изучении ИП.

Сравнивая статистику проекта аналогичной рассматриваемому ИП или методом экспертных оценок по стохастическим параметрам, определяются модели законов распределения их значений и параметры этих законов. Если невозможно выбрать вероятностные законы, можно использовать эмпирические распределения.

Основным показателем эффективности ИП является показатель чистой приведенной стоимости проекта  $NPV$  [92]. Согласно критерию  $NPV$ , проект должен быть принят, если все показанные денежные потоки ( $CIF_j$ ) больше всех полученных дисконтированных денежных оттоков ( $COF_j$ ) [93], где  $j = 1, 2, \dots, n$ . Расчет чистой дисконтированной стоимости осуществляем по формуле:

$$NPV = \sum_{j=1}^n \frac{CIF_j}{(1+R)^j} - \sum_{j=1}^n \frac{COF_j}{(1+R)^j}, \quad (3.4.1)$$

где  $j$  – порядковое значение выбранного временного отрезка, генерирующего денежные потоки в будущем;  $R$  – требуемая доходность ИП.

Определим порядок построения имитационной модели ИП:

*Шаг 1.* Определяются и указываются исходные данные:

- число экспериментов с моделью –  $N$ ;

- значения детерминированных факторов модели ( $A, F, r, n, T, I$ ),

- вероятностные законы и их показатели для построения эмпирического распределения значений стохастических параметров модели ( $P, Q, V$ ).

*Шаг 2.* Формирование ряда денежных потоков платежей в момент времени  $t$   $COF_t$ .

Шаг 3. Формирование денежных потоков поступлений в каждый момент времени  $t$   $CIF_t$ .

Шаг 4. Расчёт общего денежного потока в момент времени  $t$   $NCF_t$ .

Шаг 5. Определение чистой дисконтированной стоимости проекта  $NPV$ .

Шаг 6. Статистическая обработка показателей:  $NCF_t$ ,  $NPV$ ,  $P$ ,  $Q$ ,  $V$ .

Шаг 7. Оценка основных показателей риска проекта

Шаг 8. Оценка и подведение итогов.

Шаг 9. Конец алгоритма.

При применении метода финансового рычага данный алгоритм будет незначительно меняться в связи с появлением дополнительных денежных потоков. Для уточнения модели необходимо также учитывать фактор риска инвестора, инвестирующего в нее, через показатель ставки дисконтирования.

### **3.5 Моделирование форс-мажорных ситуаций**

Имитационное моделирование предоставляет дополнительную возможность заинтересованному лицу в оценке риска ИП за счет того, что дает возможность создавать случайные сценарии развития событий. Итоги моделирования представляются всеми возможными вероятностями распределения относительно интересующего показателя. Таким образом, потенциальный инвестор, используя имитационное моделирование, обеспечивается необходимым набором данных, описывающих рисковые и форс-мажорные ситуации инвестиционного проекта. Полученные результаты моделирования обобщаются и анализируются с использованием статистических инструментов для оценки степени риска [94].

Консолидированная прогнозная финансовая модель моделируется в следующем порядке [95]. Формируется достаточно большой объем случайных сценариев, каждому из которых соответствует определенный денежный поток. Полученные версии консолидируются, и проводится их статистическая обработка для определения веса каждого из сценариев. Соотношение таких сценариев к общему количеству сценариев позволяет оценить риск планируемых инвестиций. Вероятностные распределения переменных модели диктуют возможность выбора значений из определенных диапазонов. Полученные распределения являются математическими инструментами, с помощью которых взвешиваются все возможные результаты. Таким образом, во время моделирования случайный выбор значений для каждой переменной находится под контролем.

В процессе анализа риска используется информация, содержащаяся в распределении вероятностей с несколькими значениями. Такой подход и отличает имитационное моделирование от применения детерминированных вероятностей, которые используются при традиционных подходах.

Анализ риска требует необходимости определения случайных величин и их соответствующих распределений вероятности. При этом наличие установления корреляции в системе случайных величин, входящих в модель, является условием для применения прямого подхода в моделировании.

Наличие коррелированных переменных в модели анализа может привести к серьезному искажению результатов анализа риска, если эта взаимосвязь не будет учтена. В действительности наличие корреляции ограничивает случайный выбор индивидуальных значений для связанных переменных. Две коррелированные переменные моделируются таким образом, что если одна из них выбирается случайным образом, то другая в определенном диапазоне значений, который задается моделируемым значением первой переменной [96].

Распределения вероятностей некоторых особых форм случайного «механизма» уже определены в теории вероятностей. Особенности этих форм случайности хорошо известны, и, самое главное, классические распределения случайных величин зачастую вполне адекватно описывают случайности, встречающиеся в практике делового предпринимательства [97].

### 3.6 Разработка методов моделирования внезапной остановки потока доходов

*Модель с дискретным временем.* В таких моделях с дискретным временем рисковый процесс представлен последовательностью случайных величин  $Z_t$ , обозначающих случайный доход (положительный или отрицательный), возникающий в периоде  $t$ . Если период прогнозирования составляет  $T$  периодов, то  $t$  принимает значения  $1, \dots, T$ ; поток доходов рассматривается как единый случайный объект  $(z_1, z_2, \dots, z_T)$ . При этом рассчитываемый суммарный доход  $S$  равен [98].

$$S[z] = \sum_{t=1}^T z_t.$$

Разновременность поступления доходов учитывается через чистую приведенную стоимость денежных потоков  $PV$  (Present Value)

$$PV[z] = \sum_{t=1}^T z_t d^t,$$

где  $d$  – дисконтирующий коэффициент для одного периода, связанный с процентной ставкой за тот же период  $i$  соотношением  $d = \frac{1}{(1+i)}$ .

Чистая приведенная стоимость – случайная величина; ее математическое ожидание – ожидаемая сегодняшняя ценность  $EPV$  (Expected Present Value):  $EPV = M[PV]$ ; в силу известного свойства математического ожидания

$$EPV[z] = \sum_{t=1}^T M[z_t] d^t, \quad (3.6.1)$$

Приведенная стоимость случайного потока – произвольная величина. При использовании критерия « $\mu - \sigma^2$ » надо оценить дисперсию  $VPV$ :

$$VPV[z] = \sum_{t=1}^T \sum_{\tau=1}^T d^{t+\tau} \sigma[z_t][z_\tau] r[z_t, z_\tau]. \quad (3.6.2)$$

Приведенные соотношения допускают векторно-матричное представление. Обозначим  $m_t = M[z_t]$ ,  $c_{t\tau} = \text{cov}[z_t z_\tau]$ , и введем в рассмотрение ковариационную матрицу:

$$C = \begin{pmatrix} c_{11} & c_{12} & \dots & c_{1T} \\ c_{21} & c_{22} & \dots & c_{2T} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ c_{T1} & c_{T2} & \dots & c_{TT} \end{pmatrix}$$

и векторы  $m = (m_1, m_2, \dots, m_T)$  и  $d = (d, d^2, \dots, d^T)$ . В этих обозначениях равенства (3.6.1) и (3.6.2) могут быть представлены в форме

$$\begin{aligned} EPV[z] &= md^T, \\ VPV[z] &= dCd^T. \end{aligned}$$

Достаточно легко оцениваются параметры риска внезапной остановки потока доходов. Рассматривается последовательность  $z = (z_1, z_2, \dots, z_T)$  планируемых уровней поступления дохода в моменты времени или периоды  $t = 1, 2, \dots, T$ ; здесь  $T$  – плановый горизонт функционирования объекта. Не исключаются случаи, когда горизонт не ограничен во времени, и эти случаи будут рассматриваться путем предельного перехода  $T \rightarrow \infty$ .

В силу тех или иных неблагоприятных обстоятельств функционирование источника доходов может прерваться до окончания планового горизонта  $T$ . Это событие назовем *остановкой* потока доходов. Будем считать, что остановка может произойти в любом из периодов  $t \leq T$ . Под *внезапностью* остановки будем понимать то обстоятельство, что до момента прекращения поступления уровни дохода не отличались от плановых. Примем следующее допущение: условная вероятность остановки в  $t$  периоде при условии, что она не произошла ранее, не зависит ни от  $t$ , ни от уровней потока и является константой  $p$ . Условная вероятность продолжения функционирования в периоде  $t$  при том же условии равна  $q = 1 - p$ . Рассмотрим некоторые характеристики предлагаемой модели остановки.

В первую очередь, определим безусловные вероятности поступления дохода в произвольном периоде  $t$ . При  $t = 1$  эта вероятность, очевидно, равна  $q$ , так как прежде остановка произойти не могла. При  $t = 2$  поступление дохода имеет место, если поток не остановился в первом периоде (с вероятностью  $q$ ) и при этом условии не остановился и во втором (с условной вероятностью  $q$ ), так что вероятность получения дохода во втором периоде равна  $q^2$ . По индукции легко показать, что вероятность получения дохода в  $t$  периоде равна  $q^t$ . Если коэффициент дисконтирования для одного периода равен  $d$ , то для  $t$  периодов он равен  $d^t$ . Таким образом, математическое ожидание текущей стоимости дохода  $t$ -го периода равно  $z_t d^t q^t$ , а потока в целом:

$$EPV[z] = \sum_{t=1}^T z_t d^t q^t.$$

Уравнение  $D = dq$  может быть интерпретировано как *ставка дисконтирования с учетом риска остановки потока*, и последнему выражению можно придать более простой формульный вид:

$$EPV[z] = \sum_{t=1}^T z_t D^t.$$

Так как процентной ставке  $i$  соответствует ставка дисконтирования  $d = 1/(1 + i)$ , процентная ставка с учетом риска  $I$  определяется выражением

$$I = \frac{1}{D} - 1 = \frac{1}{d(1-p)} - 1 = \frac{1+i}{1-p} - 1,$$

или, окончательно,

$$I = \frac{i+p}{1-p}.$$

При малых значениях  $p$  имеет место приближенное равенство  $I \approx i + p$ .

Рассмотренные равенства упрощаются, если в течение прогнозного периода функционирования рассматриваемого объекта денежный поток поступлений остается постоянным,  $z_t = z = const$ . В этих случаях

$$EPV[z] = z \sum_{t=1}^T D^t = z \cdot \frac{D(1-D^T)}{1-D},$$

а при бесконечном горизонте

$$EPV[z] = z \cdot \frac{D}{1-D}.$$

Полезно также иметь в виду, что математическое ожидание продолжительности функционирования объекта определяется равенством

$$T^* = \frac{1 - q^{T+1}}{1 - q} - 1 \quad (3.6.3)$$

Последнее выражение особенно удобно для оценивания параметра процесса  $q$  (или, что равносильно,  $p$ ). Для эксперта довольно трудно оценить вероятность прекращения деятельности для отдельного периода; легче оценить ожидаемую продолжительность процесса в целом. Зная плановую временную продолжительность  $T$ , рассматривая выражение (3.6.3) как уравнение относительно  $q$  и используя некоторую оценку ожидаемой продолжительности  $T^*$ , можно оценить  $q$  путем решения этого уравнения. Для неограниченной плановой продолжительности функционирования уравнение имеет особенно простой вид

$$T^* = \frac{q}{1-q},$$

откуда

$$q = \frac{T^*}{T^*+1}.$$

Порядок моделирования внезапной остановки потока доходов с дискретным временем имеет следующий алгоритм:

*Шаг 1.* В качестве исходных данных определяются:

- плановый горизонт функционирования модели –  $T$ ,
- условная вероятность остановки потока доходов –  $p$ .

*Шаг 2.* Получить реализацию  $z_t$  случайной величины  $\xi$ .

*Шаг 3.* Установить ставку дисконтирования с учетом риска остановки потока доходов.

*Шаг 4.* Рассчитать ожидаемую приведенную стоимость с учетом риска остановки деятельности по формуле

$$EPV[z] = \sum_{t=1}^T z_t d^t q^t.$$

*Шаг 5.* Оценить возможные риски остановки проекта.

*Шаг 6.* Подведение итогов.

*Шаг 7.* Конец алгоритма.

*Модель с непрерывным временем.* Предположим, что остановка потока может произойти в любой момент времени от 0 до  $T$  (или до бесконечности). Используем функцию  $G(t)$  – вероятность того, что до момента  $t$  не произойдет остановка потока. Как и прежде, будем считать, что условия функционирования объекта не изменяются до наступления момента остановки (внезапность).

Рассмотрим два момента времени,  $t_1$  и  $t_2$ , причем  $t_1 < t_2$ . Вероятность того, что остановка не произошла до момента  $t_1$ , равна  $G(t_1)$ ; при этом условии условная вероятность того, что в течение последующего интервала не произойдет остановка, зависит только от величины интервала  $t_2 - t_1$  и равна  $G(t_2 - t_1)$ . Таким образом, мы приходим к соотношению  $G(t_2) = G(t_1) \cdot G(t_2 - t_1)$ .

Теперь, считая интервал  $\Delta t$  малой величиной, рассмотрим вероятность того, что остановка не произойдет до момента  $t + \Delta t$ . Используя вышеприведенное соотношение, получаем равенство  $G(t + \Delta t) = G(t) \cdot G(\Delta t)$ . Вероятность остановки в течение малого интервала  $\Delta t$  можно приближенно считать пропорциональной величине этого интервала (с точностью до малых величин более высокого порядка):

$$G(\Delta t) = 1 - \lambda \Delta t + o(\Delta t).$$

Итак,  $G(t + \Delta t) = G(t) \cdot [1 - \lambda \Delta t + o(\Delta t)]$ . Отсюда

$$\frac{G(t + \Delta t) - G(t)}{\Delta t} = \lambda G(t) + O(t).$$

Предельный переход при  $\Delta \rightarrow 0$  приводит к дифференциальному уравнению

$$\frac{dG(t)}{dt} = \lambda G(t).$$

Его общее решение  $G(t) = C e^{-\lambda t}$ , где  $C$  – постоянная интегрирования; учитывая начальное условие  $G(0) = 1$  получаем решение  $G(t) = e^{-\lambda t}$ .

Математическое ожидание сегодняшней ценности потока  $z = [z(t)]_{0 \leq t \leq T}$

$$EPV[z] = \int_0^T z(t) e^{-Pt} dt,$$

где  $P = (\rho + \lambda)$  – сила роста с учетом риска остановки потока.

Оценка интенсивности  $\lambda$  на текущий момент представляет для экспертов, пожалуй, еще большую трудность, чем вероятность отказа в течение одного периода в модели с дискретным временем. Несмотря на это в непрерывном случае эксперты могут предположить ожидаемую оценку продолжительности функционирования объекта. Математическое ожидание этой продолжительности определяется равенством

$$T^* = \int_0^T e^{-\lambda t} dt = \frac{1 - e^{-\lambda T}}{\lambda}. \quad (3.6.4)$$

Если временной плановый горизонт не ограничен ( $T \rightarrow \infty$ ), оценка интенсивности особенно проста:

$$\lambda = \frac{1}{T^*}.$$

Если же горизонт ограничен, то оценка интенсивности достаточно просто определяется каким-либо численным методом из равенства (3.6.4), рассматриваемого как уравнение относительно  $\lambda$ .

Алгоритм для моделирования внезапной остановки потока доходов с непрерывным временем имеет вид:

*Шаг 1.* В качестве исходных данных указывается:

- плановый горизонт функционирования модели –  $T$ ,
- вероятностный закон  $z(t)$  и его параметры,
- функция  $G(t) = e^{-\lambda t}$  – вероятность того, что до момента  $t$  не произойдет остановка потока.

*Шаг 2.* Рассчитать ожидаемую приведенную стоимость с учетом риска остановки по формуле

$$EPV[z] = \int_0^T z(t)e^{-(\rho+\lambda)t} dt.$$

*Шаг 3.* Оценка риска остановки проекта.

*Шаг 4.* Подведение итогов.

*Шаг 5.* Конец алгоритма.

### 3.7 Разработка методов принятия инвестиционных решений в условиях рисков, связанных с неопределенностью и нестабильностью экономических процессов

Предположим, что в качестве претендентов на инвестиции рассматриваются проекты [44]

$$A = \{A_i / i = 1, 2, \dots, n\}, \quad (3.7.1)$$

характеризуемые собственными показателями оценки доходности  $B_i, i = 1, 2, \dots, n$ . Существует неопределенность, вызванная неполной или неточной информацией об условиях их реализации, например, темпах инфляции. Учитывая эту неопределенность, аналитики оценили возможные варианты состояния  $S = \{S_j / j = 1, 2, \dots, m\}$  рынка товаров и услуг, связанных с этими проектами из представленного множества (3.7.1). Приведем имеющуюся информацию в виде таблицы 3.3.

Таблица 3.3 – Свод значений экспертных оценок доходности проектов при различных ситуациях

$A_i \backslash S_j$	$S_1$	$S_2$	...	$S_m$
$A_1$	$b_{11}$	$b_{12}$	...	$b_{1m}$
$A_2$	$b_{21}$	$b_{22}$	...	$b_{2m}$
...	...	...	...	...
$A_n$	$b_{n1}$	$b_{n2}$	...	$b_{nm}$

Здесь  $b_{ij} = f(A_i, S_j), i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}$  – рентабельность инвестиций в проект  $A_i$  в случае возможной инфляционной ситуации на рынке  $S_j$ .

Количественные значения каждого из вариантов состояния  $S_j, j = 1, 2, \dots, m$ , для определения  $b_{ij} = f(A_i, S_j)$  берут из законов распределения их возможных значений, обычно в виде случайных дискретных величин

$$S_j = \begin{pmatrix} S_{j1} & S_{j2} & \dots & S_{jL} \\ P_{j1} & P_{j2} & \dots & P_{jL} \end{pmatrix}, j = 1, 2, \dots, m.$$

Для определения эффективной инвестиционной стратегии используем известные критерии принятия решений в условиях неопределенности: Вальда, Лапласа, Гурвица и Сэвиджа. Согласно критерию Вальда, который в данном случае можно определить как критерий осторожного инвестора, выбор проекта  $A_{i^*}$  осуществляется исходя из предположения, что рынок будет находиться в наиболее неблагоприятном для него состоянии. Аналитически это записывается выражением

$$b_{i^*j^*} = \max_{A_i} \min_{S_j} f(A_i, S_j), \quad (3.7.2)$$

обеспечивающим наибольшее значение рентабельности среди всех его минимальных значений. Таким образом, согласно критерию Вальда, стратегия инвестирования в проект  $A_{i^*}$  является эффективной.

Согласно критерию Гурвица, предполагается, что рынок может находиться в наиболее неблагоприятном состоянии с вероятностью  $(1 - \tau)$  и в наиболее благоприятном – с вероятностью  $(\tau)$ . Тогда правило выбора проекта для инвестирования примет вид

$$b_{i^*j^*} = \max_{A_i} \left[ \tau \cdot \max_{S_j} f(A_i, S_j) + (1 - \tau) \cdot \min_{S_j} f(A_i, S_j) \right], \tau \in [0,1]. \quad (3.7.3)$$

Величина коэффициента доверия сама по себе является случайной величиной и в зависимости от типа рассматриваемого рынка товаров и услуг может быть описана различными законами распределения.

Критерий Лапласа используется при отсутствии информации о будущем состоянии рынка и тогда все рыночные условия считаются равновероятными. Этому критерию соответствует аналитическое выражение

$$b_{i^*j^*} = \max_{A_i} \left\{ \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m f(A_i, S_j) \right\}. \quad (3.7.4)$$

Наконец, критерий Сэвиджа используется для минимизации размеров максимальных потерь для каждого из принятых решений. При использовании этого критерия таблица 3.3 преобразуется в таблицу потерь (сожалений) в соответствии с формулой

$$f_c(A_i, S_j) = \{f(A_i, S_j) - \max f(A_i, S_j)\}. \quad (3.7.5)$$

Тогда аналитическим выражением критерия Сэвиджа будет

$$b_{i^*j^*} = \max_{A_i} \min_{S_j} f_c(A_i, S_j). \quad (3.7.6)$$

Построим алгоритм выбора единственного проекта из множества проектов (3.7.1) в условиях неопределенности.

*Шаг 1.* Задать элементы таблицы 3.3.

*Шаг 2.* Определить оптимальный проект  $A_{i^*}$  согласно критерию (3.7.2).

*Шаг 3.* Определить оптимальный проект  $A_{i^*}$  согласно критерию (3.7.3).

*Шаг 4.* Определить оптимальный проект  $A_{i^*}$  согласно критерию (3.7.4).

*Шаг 5.* Составить таблицу потерь в соответствии с формулой (3.7.5).

*Шаг 6.* Определить оптимальный проект  $A_{i^*}$  согласно критерию (3.7.6).

*Шаг 7.* Вычислить один из стандартных показателей эффективности (индекс рентабельности, срок окупаемости и др.) для полученных на предыдущих шагах оптимальных проектов.

*Шаг 8.* Сравнить анализ результатов по значениям дополнительного стандартного показателя, полученных по разным критериям.

Алгоритм принимает следующий вид для выбора нескольких ( $k$ ) проектов для инвестирования.

*Шаг 1.* Задать элементы таблицы 3.3.

*Шаг 2.* Выбрать один из критериев, реализуемых выражениями (3.7.2-3.7.6)

*Шаг 3.1.* Определить оптимальный проект  $A_{i^*}$  согласно критерию (3.7.2)

*Шаг 3.2.* Определить оптимальный проект  $A_{i^*}$  согласно критерию (3.7.3)

*Шаг 3.3.* Определить оптимальный проект  $A_{i^*}$  согласно критерию (3.7.4)

*Шаг 3.4.1.* Составить таблицу потерь в соответствии с формулой (3.7.5)

*Шаг 3.4.2.* Определить оптимальный проект  $A_{i^*}$  согласно критерию (3.7.6)

*Шаг 4.* Исключить из таблицы 3.3 строки, соответствующие выбранному проекту и перейти к реализации шага 3.\*, выбранному ранее на шаге 2 до определения  $k$  проектов, подлежащих инвестированию.

Согласно второму алгоритму, для определения всех  $k$  проектов применяется только один критерий, подобранный на шаге 2. Однако если есть дополнительные показатели проектов, не подверженных рыночным колебаниям, то можно провести сравнительный анализ полученных результатов по различным критериям.

### **Выводы по 3 разделу**

1. Разработаны алгоритмы определения значений общественной эффективности, в частности, с учетом фактора многомерности.

2. Разработан алгоритм выбора инвестиционных проектов.

3. Приведены методы оценивания величины чистого приведенного дохода как случайной величины с нестандартно заданными законами распределения.

4. Разработаны эффективные алгоритмы компьютерного моделирования рисков ситуаций, связанных с форс-мажорными событиями, разработаны методы и алгоритмы экспертных оценок нормализуемых рисков.

5. Разработаны методы и алгоритмы экспертных оценок не формализуемых рисков.

6. Рассмотрены методы моделирования и разработаны алгоритмы внезапной остановки потока доходов с дискретным и непрерывным временем.

Преимущество разработанных алгоритмов заключается в том, что они дают возможность максимально точно отразить условия функционирования рассматриваемой экономической системы.

7. Основные результаты раздела опубликованы в [45, 52].

## 4 РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ И АЛГОРИТМОВ ОПТИМИЗАЦИИ ИНВЕСТИЦИОННОГО ПОРТФЕЛЯ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ И РИСКА

### 4.1 Математические модели инвестирования при минимизации риска

Пусть множество  $A = \{A_i, i = 1, 2, \dots, n\}$  – разнообразие вариантов возможного инвестирования, реализация которых предрасположена к возникновению разного рода неопределенностей и рисков.

Разумеется, чем выше уровень неопределенности и рисков проекта, тем более строгие требования предъявляются к его ставке доходности. При рассмотрении инвестиционного проекта этот момент решается через увеличение нормы дисконта, путем включения в нее поправки на риск. В связи с этим для определения проектной ставки дисконта воспользуемся формулой

$$E = B_0 + \beta(B_r - B_0), \quad (4.1.1)$$

где

$B_0$  – доходность безрисковых инвестиций;

$B_r$  – средняя доходность инвестиций на рынке;

$\beta$  – коэффициент рискованности данного проекта относительно инвестиций в среднерыночный пакет акций.

В условиях развивающихся фондовых рынков, имеющих место в странах СНГ в работе [99, 100] для определения  $\beta$  предлагается формула

$$\beta = \frac{\sigma_n + \sigma_p}{\sigma_{\text{ц}}}$$

где  $\sigma_n, \sigma_p, \sigma_{\text{ц}}$  – среднеквадратичные отклонения страновых месячных индексов от средних за предыдущий год значений этих индексов: цен на производимую продукцию, цен на основные ресурсы и индекса инфляции соответственно.

В общей практике используются несколько направлений для уменьшения рисков проекта. Основное направление — это диверсификация вложений.

Допустим  $B_j$  – доходность (эффективность)  $j$ -й ценной бумаги, в таком случае эффективная доходность портфеля ценных бумаг рассчитывается по формуле

$$B_p = \sum_{j=1}^n B_j \cdot x_j, \quad (4.1.2)$$

где доли вложений  $x_j$  должны соответствовать зависимости:

$$\sum_{j=1}^n x_j = 1, \quad (4.1.3)$$

Принимая во внимание, что доходность ценных бумаг является (возможно кроме государственных облигаций) случайной величиной, рассчитаем ожидаемый эффект от портфеля ценных бумаг с использованием математического ожидания:

$$m_p = E(B_p) = \sum_{j=1}^n x_j E(B_j) = \sum_{j=1}^n x_j m_j, \quad (4.1.4)$$

По аналогии определим уравнение дисперсии

$$V_p = E[(B_p - m)^2] = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_i x_j E[(B_i - m_i)(B_j - m_j)] = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n V_{ij} x_i x_j, \quad (4.1.5)$$

где  $V_{ij}$  – ковариация случайных величин  $B_i, B_j$ . В результате получаем, что

$$V_{ij} = E \left[ (B_j - m_j)^2 \right] = \sigma_j^2, \quad (4.1.6)$$

и если  $V_{ij} = 0$  при  $i \neq j$ , то

$$V_p = \sum_{j=1}^n x_j^2 \cdot \sigma_j^2 \text{ и } \sigma_p = \sqrt{\sum_{j=1}^n x_j^2 \cdot \sigma_j^2} \quad (4.1.7)$$

Таким образом  $\sigma_p$  отражает риск, присущий инвестициям в портфель ценных бумаг.

Увеличение диверсификации и количества ценных бумаг, включенных в портфель, могут привести к уменьшению риска портфельных инвестиций.

Одним из классических способов по снижению риска является инструмент хеджирования. Под хеджированием понимают стратегию снижения риска, когда в целях избегания возможных потерь от инвестирования в один из активов, одновременно инвестируют в другой актив, эффективность которого коррелирована с эффективностью первого с противоположными значениями.

## **4.2 Максимизация ожидаемого дохода при ограничениях, определяемых политикой инвестора**

Все ценные бумаги характеризуются собственными показателями инвестиционного риска, в зависимости от уровня которого их можно подразделить на следующие группы.

1-я группа – низкий риск. В эту группу входят ценные бумаги с самым низким уровнем риска. Как правило, к таким «безрисковым» ценным бумагам относятся облигации, государственные ценные бумаги, банковские депозитные сертификаты и т. д. Однако следует признать, что такие «безопасные» инвестиции приносят небольшую прибыль.

2-я группа – средний риск. Сюда могут входить обыкновенные акции, котируемые в основной валюте инвестора. Доход от таких ценных бумаг обычно выше, но он может значительно колебаться, что увеличивает риск.

3-я группа – высокий риск. Ценные бумаги этой группы могут котироваться в любой валюте, и в этом случае инвестор может потерять значительную часть или все свои инвестиции. Они могут включать в себя различные виды «спекулятивных акций». Котировки таких ценных бумаг подвержены сильным колебаниям, что в свою очередь повышает риск, но ожидаемая доходность от них может быть высокой. Политика инвестора заключается в том, что он диверсифицирует свои инвестиции, распределяя их доли между группами ценных бумаг с различным уровнем риска.

Так, многие инвесторы считают необходимым вкладывать определенную (или большую) часть инвестиций в бумаги с наименьшим риском. Такой подход можно описать следующим образом:

$$\sum_{j \in J_1} x_j \geq r_1 S,$$

где  $J_1$  – множество индексов бумаг первой группы;  $r_1$  – минимальная доля вложений в бумаги первой группы.

Большинство инвесторов при формировании инвестиционного портфеля диверсифицируют свои риски не только за счет группы ценных бумаг с низким риском, но и за счет ограничения размеров вложений в обычные и тем более «спекулятивные» акции, так как доход от них подвержен большему негативному риску. Такие ограничения отобразить следующими неравенствами:

$$\begin{aligned}\sum_{j \in J_2} x_j &\leq r_2 S, \\ \sum_{j \in J_3} x_j &\leq r_3 S,\end{aligned}$$

где  $J_2, J_3$  – множество индексов бумаг, относящихся ко второй и третьей группам;  $r_2, r_3$  – соответственно их максимально допустимые доли вложений в бумаги второй и третьей групп.

В результате чего, математическая модель диверсификации риска и формирования оптимального инвестиционного портфеля примет следующий вид из системы неравенств:

<p>Прямая задача:</p> $\sum_{j=1}^N x_j B_j \rightarrow \max$ $\sqrt{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_i x_j \sigma_{ij}^2} \leq \sigma_p;$ $\sum_{j=1}^n x_j \leq S;$ $\sum_{j \in J_1} x_j \geq r_1 S;$ $\sum_{j \in J_2} x_j \leq r_2 S;$ $\sum_{j \in J_3} x_j \leq r_3 S;$ $x_j \geq 0.$	<p>Обратная задача:</p> $\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_i x_j \sigma_{ij}^2 \rightarrow \min$ $\sum_{j=1}^N x_j B_j = B_p;$ $\sum_{j=1}^n x_j \leq S;$ $\sum_{j \in J_1} x_j \geq r_1 S;$ $\sum_{j \in J_2} x_j \leq r_2 S;$ $\sum_{j \in J_3} x_j \leq r_3 S;$ $x_j \geq 0,$
---	--

где

$x_j$  – объем инвестиций, планируемых к инвестированию в  $j$ -ю ценную бумагу в портфеле;

$B_j$  – эффективность  $j$ -й ценной бумаги;

$B_p$  – установленное (требуемое) значение показателя доходности портфеля;

$\sigma_p$  – установленное (требуемое) значение показателя риска портфеля;

$S$  – размер инвестиций, формирующих портфель;

$\sigma_{ij}$  – ковариация ценных бумаг  $i$  и  $j$ ;

$J_1, J_2, J_3$  – множество индексов рассматриваемых ценных бумаг первой, второй и третьей групп риска;

$r_1$  – минимальная доля вложений в бумаги первой группы;

$r_2, r_3$  – максимальные доли вложений в бумаги второй и третьей групп риска.

### 4.3 Математическая модель размещения инвестиционного портфеля

Пусть инвестор имеет свободные денежные средства в размере  $S$  для инвестирования в ценные бумаги компаний из  $K$  различных отраслей

экономики. Каждая компания  $i$  из отрасли  $k$  обязуется выплатить часть чистой прибыли по этим ценным бумагам в течение определенного периода времени, после чего она обязуется погасить сумму кредита [101, 102].

Поскольку будущее компании неопределенно и могут возникнуть трудности, инвестор рассматривает эти выплаты как случайные переменные. Задача инвестора – это разместить средства таким образом, чтобы максимизировать ожидаемую доходность портфеля, при этом необходимо учитывать следующие ограничения:

1. В целях диверсификации риска долги компании из одного сектора не должны превышать 20% доли в портфеле.

2. При размещении инвестиционного портфеля уменьшать риск потери денег.

Задача инвестора может выглядеть следующим образом:

$$\begin{aligned} \text{Max}_{x_i^k \geq 0} E_0 \left[ \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^{n^k} (x_i^k \sum_{t=0}^T \beta^t \gamma_{i,t}^k) \right] - \delta \times \\ \times \text{var} \left[ \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^{n^k} (x_i^k \sum_{t=0}^T \beta^t \gamma_{i,t}^k) \right], \end{aligned} \quad (4.3.1)$$

должны соблюдаться следующие ограничения

$$\sum_{i=1}^{n^k} x_i^k \leq 0.2 \times S, \forall k = 1, 2, \dots, K, \quad (4.3.2)$$

$$\sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^{n^k} x_i^k = S, \quad (4.3.3)$$

$$\sum_{i=1}^{n^k} p_i^k x_i^k \leq Q^k, \forall k = 1, 2, \dots, K. \quad (4.3.4)$$

В выше поставленной задаче мы используем следующие обозначения:

1.  $x_i^k \geq 0$  – это размер денежных инвестиций в компанию  $i$  из сектора  $k$ , где  $i = 1, 2, \dots, n^k$ .
2.  $E_0 \left[ \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^{n^k} (x_i^k \sum_{t=0}^T \beta^t \gamma_{i,t}^k) \right]$  – это математическое ожидание всех будущих платежей, получаемых от компаний-заемщиков в будущем с точки зрения периода 0.
3.  $\beta \in (0, 1)$  – это коэффициент дисконтирования, который инвестор использует для оценки платежей из последующих периодов.
4. Индекс  $T$  – это максимальное количество периодов, в течение которых, по крайней мере, рассматриваемые компании берут на себя обязательства по погашению кредитов (максимальный срок кредита).
5.  $K$  – это множество секторов экономики. А число  $n^k$  – это количество предприятий из сектора экономики  $k$ , которые инвестор изучает для включения в свой портфель.
6.  $\gamma_{i,t}^k$  – это платеж компании  $i$  из отрасли  $k$  в период  $t$ . Инвестор принимает эти платежи как случайные параметры своей задачи (рыночные процентные ставки).
7.  $p_i^k$  – это отклонения значения одного из рассматриваемых показателей, например чистого приведенного дохода ( $NPV$ ) компании  $i$  из сектора  $k$  от его установленной величины.
8.  $Q^k$  – это суммарное максимальное отклонение значения  $NPV$  от его нормативной величины по сектору  $k$ .

9.  $var \left[ \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^{n^k} (x_i^k \sum_{t=0}^T \beta^t \gamma_{i,t}^k) \right]$  – это ожидаемые вариации в сумме будущих платежей всех компаний.
10. Параметр  $\delta > 0$  влияет на то, насколько инвестор относится к уровню риска. Чем больше  $\delta$ , тем больше инвестор заботится об уменьшении уровня риска. Если  $\delta = 0$ , то проблема становится линейной, и ее решение просто максимизирует общую сумму платежей, взвешенную дисконтным фактором. Если  $\delta > 0$ , то это проблема с квадратичной функцией цели, так как вариация – это квадратичная функция.

Задача (4.3.1)-(4.3.4) относится к классу нелинейных задач математического программирования с квадратичной функцией цели, и ее решение не создает принципиальных трудностей, если ее постановка [103] верна. В случае неправильных формулировок или «возмущенности» параметров задачи для оптимального распределения

$$\sum_{i=1}^{n^k} (p_{i0}^k \pm \varepsilon p_i^k) x_i^k \leq Q^k$$

размера инвестиций можно использовать метод расширения множества допустимых решений [104].

#### 4.4 Алгоритм решения линейной задачи размещения инвестиционного портфеля

Параметр  $\delta$  целевой функции (4.3.1) влияет на то, насколько сильно этот инвестор заботится о риске. Чем больше  $\delta$ , тем больше инвестор заботится об уменьшении риска. Если  $\delta = 0$ , то проблема становится линейной, и ее решение просто максимизирует общую сумму платежей, взвешенную дисконтным фактором. Математическая модель линейной задачи размещения банковского портфеля имеет следующий вид:

$$\max_{x_j^k \geq 0} E_0 \left[ \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^{n^k} (x_i^k \sum_{t=0}^T \beta^t \gamma_{i,t}^k) \right], \quad (4.4.1)$$

$$\sum_{i=1}^{n^k} p_i^k x_i^k \leq Q^k, k = 1, 2, \dots, K, \quad (4.4.2)$$

$$\sum_{i=1}^{n^k} x_i^k \leq 0.2 \times S, k = 1, 2, \dots, K, \quad (4.4.3)$$

$$\sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^{n^k} x_i^k = S. \quad (4.4.4)$$

Для нее расширенной является задача:

$$\max_{x_j^k \geq 0} E_0 \left[ \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^{n^k} (x_i^k \sum_{t=0}^T \beta^t \gamma_{i,t}^k) \right], \quad (4.4.5)$$

$$\sum_{i=1}^{n^k} x_i^k \leq 0.2 \times S, k = 1, 2, \dots, K,$$

$$\sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^{n^k} x_i^k = S.$$

Предположим, что решение расширенной задачи  $x^p$  не удовлетворяет всем ограничениям исходной задачи и необходимо перейти к новому решению [105, 106]

$$x = x^p + h. \quad (4.4.6)$$

Элементы вектора вычисляются по схеме

$$h_j = \begin{cases} -h_{ml} & \text{если } j = m; \\ h_{ml} & \text{если } j = l; \\ 0 & \text{если } j \neq m, l, \end{cases} \quad (4.4.7)$$

где

$$h_{al} = \frac{Q_d^p - Q_d}{p_{da} - p_{dl}}; \quad (4.4.8)$$

$a$  – индекс элемента вектора  $x^p$ , из которого производится спуск;

$l$  – индекс элемента, в который осуществляется спуск;

$d$  – индекс нарушенного ограничения вида (4.4.2).

Таким образом, исходя из предложенной выше общей структуры решения и на основе сформулированного и доказанного в [107] утверждения: «Точка  $x = x^p + h$  является решением задачи (4.4.1)-(4.4.4) тогда и только тогда, когда параметры  $a, m, l$  в формуле (4.4.8) определяются из условия:

$$\alpha = \max_{d \in I_H} \min_{(a,l) \in N_B} \left[ \frac{\gamma_a - \gamma_l}{p_{da} - p_{dl}} (Q_d^p - Q_d) \right]. \quad (4.4.9)»$$

Можно реализовать следующие решения исходной задачи (4.4.1)-(4.4.4).

*Шаг 1.* Решить расширенную задачу.  $v = 1$  (номер итерации). Принять  $x^v = x^p$  и  $Q_d^v = Q_d^p$ .

*Шаг 2.* Проверить полученное решение на допустимость при ограничениях (4.4.2). Оптимальность решения следует из его допустимости. В противном случае перейти к шагу 3.

*Шаг 3.* Вычислить значения:

$$\Delta\gamma_{j,j+m} = \gamma_j - \gamma_{j+m}, j = 1, 2, \dots, n, m = 1, 2, \dots, n - j;$$

$$\Delta p_{j,j+m}^d = p_{d,j} - p_{d,j+m}, j = 1, 2, \dots, n, m = 1, 2, \dots, n - j, d \in I_H$$

и определить возможные направления спуска

$$N_B = N_B^{dir} \cup N_B^{rev},$$

где

$$N_B^{dir} = [(j, j + m) / \Delta\gamma_{j,j+m} \geq 0; \Delta p_{j,j+m}^d > 0, \forall d \in I_H];$$

$$N_B^{rev} = [(j, j + m) / \Delta\gamma_{j,j+m} < 0; \Delta p_{j,j+m}^d < 0, \forall d \in I_H].$$

Если  $N_B = \emptyset$ , система ограничений исходной задачи несовместна.

*Шаг 4.* Определить направление спуска из условия:

$$(a, l) \sim p_d = \max_{d \in I_H} \min_{(j,j+m) \in N_B} \left[ \frac{\Delta\gamma_{j,j+m}}{\Delta p_{j,j+m}^d} (Q_d^p - Q_d) \right].$$

*Шаг 5.* Вычислить величины спуска шага:

$$h_{al} = \frac{Q_d^p - Q_d}{\Delta p_{al}^d}.$$

*Шаг 6.* По формуле

$$x_j^{v+1} = \begin{cases} x_j^v - h_{al} & \text{если } j = m; \\ x_j^v + h_{ml} & \text{если } j = l; \\ x_j^v & \text{если } j \neq m, l, \end{cases}$$

найти новое решение задачи (4.4.1)-(4.4.4), принять  $v = v + 1$  и перейти к шагу 2.

## 4.5 Алгоритм решения нелинейной задачи размещения инвестиционного портфеля

Если инвестор заботится об уменьшении риска, то параметр  $\delta$  целевой функции (4.3.1) больше 0, и чем он больше, тем инвестор сильнее заботится об этом. В этом случае проблема размещения портфеля является задачей с квадратичной функцией цели, так как вариация – это квадратичная функция.

Уточненную задачу размещения инвестиционного портфеля можно представить в следующем виде:

$$\max_{x_j^k \geq 0} E_0 \left[ \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^{n^k} (x_i^k \sum_{t=0}^T \beta^t \gamma_{i,t}^k) \right] - \delta \times \quad (4.5.1)$$

$$\times \text{var} \left[ \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^{n^k} (x_i^k \sum_{t=0}^T \beta^t \gamma_{i,t}^k) \right],$$

$$\sum_{i=1}^{n^k} p_i^k x_i^k \leq Q^k, \forall k = 1, 2, \dots, K, \quad (4.5.2)$$

$$\sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^{n^k} x_i^k = S. \quad (4.5.3)$$

$$\sum_{i=1}^{n^k} x_i^k \leq 0.2 \times S, k = 1, 2, \dots, K. \quad (4.5.4)$$

Расширенная задача, соответствующая (4.5.1)-(4.5.4), имеет вид:

$$\max_{x_j^k \geq 0} E_0 \left[ \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^{n^k} (x_i^k \sum_{t=0}^T \beta^t \gamma_{i,t}^k) \right] - \delta \times \quad (4.5.5)$$

$$\times \text{var} \left[ \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^{n^k} (x_i^k \sum_{t=0}^T \beta^t \gamma_{i,t}^k) \right],$$

$$\sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^{n^k} x_i^k = S.$$

$$\sum_{i=1}^{n^k} x_i^k \leq 0.2 \times S, k = 1, 2, \dots, K.$$

Решив задачу (4.5.5) методом Лагранжа [108], сформулируем следующее утверждение [109]: «Точка  $x = x^p + h$  является решением задачи (4.5.1)-(4.5.4) тогда и только тогда, когда параметры  $d, a, l$  в формуле (4.4.8) определяются из условия:

$$(d, a, l) = \max_{d \in I_H} \min_{(a, l) \in N_B} \left[ (\psi_{al} - \psi_{ll} - \psi_{aa}) \frac{(Q_d^p - Q_d)^2}{(p_{aa} - p_{al})^2} \right],$$

где  $\psi_{ij}$  – элементы матрицы коэффициентов  $\Psi$ , стоящих перед нелинейной частью целевой функции (4.5.1)».

Порядок решения нелинейной задачи размещения портфеля схож со структурой рассмотренного выше алгоритма линейной задачи.

*Шаг 1.* Решить расширенную задачу (4.5.5).

*Шаг 2.* Проверить полученное решение на допустимость при ограничениях (4.5.2) исходной задачи. Оптимальность решения следует из его допустимости. В противном случае перейти к шагу 3.

*Шаг 3.* Вычислить значения:

$$v_{al} = \psi_{al} - \psi_{ll} - \psi_{aa}, a = \overline{1, n}, l = a + m, \forall m = \overline{1, n - a}$$

и определить  $N_B$  из условия:

$$N_B = \{(a, l) / v_{al} > 0\}.$$

*Шаг 4.* Определить наилучшее направление спуска:

$$(a, l) = \max_{d \in I_H} \min_{(a, l) \in N_B} \left[ v_{al} \frac{(Q_d^p - Q_d)^2}{(p_{aa} - p_{al})^2} \right].$$

Шаг 5. Вычислить величины шага спуска:

$$h_{al} = \frac{Q_d^p - Q_d}{\Delta p_{al}^d}.$$

Шаг 6. Перейти к новому решению  $x = x^p + h$  и возвратиться к шагу 2.

#### 4.6 Оптимальные модели с учетом диверсификационных характеристик. Анализ распределения платежей

Поставим задачу (4.3.1) следующим образом [110]

$$\min_{x_i^k \geq 0} \text{var} \left[ \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^{n^k} (x_i^k \sum_{t=0}^T \beta^t \gamma_{i,t}^k) \right], \quad (4.6.1)$$

с учетом обеспечения ожидаемой величины чистой приведенной стоимости (NPV)

$$E_0 \left[ \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^{n^k} (x_i^k \sum_{t=0}^T \beta^t \gamma_{i,t}^k) \right] \geq B \quad (4.6.2)$$

и выполнения диверсификационных ограничений

$$\sum_{i=1}^{n^k} x_i^k \leq A_k S, \forall k = \overline{1, K}, \quad (4.6.3)$$

$$\sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^{n^k} x_i^k = S, \quad (4.6.4)$$

где

$A_k$  – максимальный процент вложения инвестиций в компании из  $k$  сектора;

$B$  – ожидаемая доходность портфеля.

Сформулированная задача (4.6.1)-(4.6.4) формально является задачей квадратичного программирования, однако, на практике в процессе ее решения возникает ряд сложностей, связанных с неопределенностью и случайностью отдельных ее параметров.

При согласовании сумм платежей между инвестором и компанией обычно фокусируются не только на индивидуальной составляющей прибыльности конкретной компании, но также и на общей составляющей прибыльности всего рынка  $R^M$  и средней прибыльности компаний соответствующей отрасли  $r^k$ . Следовательно, процентную ставку  $\gamma_{i,t}^k$  можно разложить следующим образом

$$\gamma_{i,t}^k = b_{i,k}^M R_t^M + c_i^k r_t^k + \varepsilon_{i,t}^k, \quad (4.6.5)$$

где  $b_{i,k}^M$  и  $c_i^k$  определяют, насколько чувствительна рентабельность компании  $i$  из отрасли  $k$  к изменениям на всем рынке или в отдельной отрасли, а  $\varepsilon_{i,t}^k$  – это индивидуальная составляющая рентабельности компании  $i$  из отрасли  $k$ . Коэффициенты  $b_{i,k}^M$  и  $c_i^k$  обычно находят с помощью простой линейной регрессии.

Предположим, что  $\varepsilon_{i,t}^k$  не зависит от отдельных составляющих доходности других компаний, поэтому для  $i \neq j$ :

$$\text{cov} \left( \left( \sum_{t=0}^T \beta^t \varepsilon_{i,t}^k \right), \left( \sum_{t=0}^T \beta^t \varepsilon_{j,t}^m \right) \right) = 0.$$

Предполагается также, что  $r_t^k$  не зависит от отраслевых составляющих рентабельности других отраслей, следовательно, для  $k \neq m$ :

$$\text{cov} \left( \left( \sum_{t=0}^T \beta^t r_t^k \right), \left( \sum_{t=0}^T \beta^t r_t^m \right) \right) = 0.$$

Исходя из вышеизложенных допущений, уравнение ожидаемой величины  $NPV$  можно свести к:

$$\begin{aligned}
E_0[NPV] &= E_0 \left[ \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^{n^k} \left( x_i^k \sum_{t=0}^T \beta^t \gamma_{i,t}^k \right) \right] = \\
&= E_0 \left[ \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^{n^k} \left( x_i^k \sum_{t=0}^T \beta^t (b_{i,k}^M R_t^M + c_i^k r_t^k + \varepsilon_{i,t}^k) \right) \right] = \\
&= \left\{ E_0 \left[ \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^{n^k} \left( x_i^k b_{i,k}^M \sum_{t=0}^T \beta^t (R_t^M) \right) \right] + E_0 \left[ \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^{n^k} \left( x_i^k c_i^k \sum_{t=0}^T \beta^t (r_t^k) \right) \right] + \right. \\
&\quad \left. + E_0 \left[ \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^{n^k} \left( x_i^k \sum_{t=0}^T \beta^t (\varepsilon_{i,t}^k) \right) \right] \right\} = \\
&= \left\{ E_0 \left[ \sum_{t=0}^T \beta^t (R_t^M) \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^{n^k} (x_i^k b_{i,k}^M) \right] + E_0 \left[ \sum_{k=1}^K \sum_{t=0}^T \beta^t (r_t^k) \sum_{i=1}^{n^k} (x_i^k c_i^k) \right] + \right. \\
&\quad \left. + E_0 \left[ \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^{n^k} x_i^k \sum_{t=0}^T \beta^t (\varepsilon_{i,t}^k) \right] \right\} = \\
&= E_0 \left[ Y^M \sum_{t=0}^T \beta^t (R_t^M) \right] + E_0 \left[ \sum_{k=1}^K Y^k \sum_{t=0}^T \beta^t (r_t^k) \right] + E_0 \left[ \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^{n^k} x_i^k \sum_{t=0}^T \beta^t (\varepsilon_{i,t}^k) \right],
\end{aligned}$$

где

$$Y^M = \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^{n^k} (x_i^k b_{i,k}^M), Y^k = \sum_{i=1}^{n^k} (x_i^k c_i^k).$$

По аналогии также преобразуем выражение для вариации  $NPV$ :

$$\begin{aligned}
&\text{var} \left[ \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^{n^k} \left( x_i^k \sum_{t=0}^T \beta^t \gamma_{i,t}^k \right) \right] = \\
&= \text{var} \left\{ \left[ Y^M \sum_{t=0}^T \beta^t (R_t^M) \right] + \left[ \sum_{k=1}^K Y^k \sum_{t=0}^T \beta^t (r_t^k) \right] + \left[ \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^{n^k} x_i^k \sum_{t=0}^T \beta^t (\varepsilon_{i,t}^k) \right] \right\},
\end{aligned}$$

которая, в предположении независимости распределений равна

$$\begin{aligned}
&(Y^M)^2 \text{var} \left[ \sum_{t=0}^T \beta^t (R_t^M) \right] + \sum_{k=1}^K (Y^k)^2 \text{var} \left[ \sum_{t=0}^T \beta^t (r_t^k) \right] + \\
&+ \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^{n^k} (x_i^k)^2 \text{var} \left[ \sum_{t=0}^T \beta^t (\varepsilon_{i,t}^k) \right] =
\end{aligned}$$

$$= (Y^M)^2 \sigma_M^2 + \sum_{k=1}^K (Y^k)^2 \sigma_k^2 + \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^{n^k} (x_i^k)^2 \sigma_{ik}^2,$$

где

$$\sigma_M^2 = \text{var} \left[ \sum_{t=0}^T \beta^t (R_t^M) \right], \sigma_k^2 = \text{var} \left[ \sum_{t=0}^T \beta^t (r_t^k) \right], \sigma_{ik}^2 = \text{var} \left[ \sum_{t=0}^T \beta^t (\varepsilon_{i,t}^k) \right].$$

С учетом произведенных преобразований задача (4.6.1)-(4.6.4) принимает вид

$$F = (Y^M)^2 \sigma_M^2 + \sum_{k=1}^K (Y^k)^2 \sigma_k^2 + \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^{n^k} (x_i^k)^2 \sigma_{ik}^2 \rightarrow \min \quad (4.6.6)$$

$$E_0 \left[ Y^M \sum_{t=0}^T \beta^t (R_t^M) \right] + E_0 \left[ \sum_{k=1}^K Y^k \sum_{t=0}^T \beta^t (r_t^k) \right] + \quad (4.6.7)$$

$$+ E_0 \left[ \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^{n^k} x_i^k \sum_{t=0}^T \beta^t (\varepsilon_{i,t}^k) \right] \geq B,$$

$$\sum_{i=1}^{n^k} x_i^k \leq A_k S, k = \overline{1, K}, \quad (4.6.8)$$

$$\sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^{n^k} x_i^k = S. \quad (4.6.9)$$

Полученная задача (4.6.6)-(4.6.9) является задачей с «возмущенными» параметрами, так как процентные ставки  $\varepsilon_{it}^k$  играют здесь роль малых возмущений. Как известно [111-119] решение таких оптимизационных задач связано с проблемой неустойчивости полученных решений. В работе [120] для решения задачи (4.6.6)-(4.6.9) с «возмущенными» параметрами предложен метод расширения множества допустимых решений на основе формирования расширенной задачи оптимизации инвестиционного портфеля

$$\min_{x_i^k \geq 0} \text{var} \left[ \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^{n^k} (x_i^k \sum_{t=0}^T \beta^t \gamma_{i,t}^k) \right], \quad (4.6.10)$$

$$\sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^{n^k} x_i^k = S \quad (4.6.11)$$

и установления взаимосвязи между решениями исходной «возмущенной» (4.6.6)-(4.6.9) и расширенной (4.6.10)-(4.6.11) задач. Этот метод позволяет находить точные и устойчивые решения задач с малыми возмущениями и, в частности, задачу (4.6.6)-(4.6.9) для конкретно заданных значений ее параметров. Однако при формировании инвестиционного портфеля необходимо учитывать также неопределенность ряда параметров данной задачи. Например, влияние изменения параметров  $A_k$ , определяющих стратегию диверсификации, на эффективность инвестиционного портфеля.

#### 4.7 Общая схема моделирования коэффициентов диверсификации

Общая структура имитационного моделирования для анализа параметров задачи формирования оптимального инвестиционного портфеля должна обеспечить выполнение следующих основных этапов [121].

1. Решение задачи (4.6.6)-(4.6.9).

2. Моделирование возможных изменений коэффициентов диверсификации [84, 122].

3. Определение области изменений коэффициентов диверсификации, приводящих к улучшению оптимального решения задачи (4.6.6)-(4.6.9).

В соответствии с приведенной структурой имитационной модели можно предложить следующий алгоритм поиска  $\Delta A_k^*$ .

*Шаг 1.* Принять  $j = 0$ .

*Шаг 2.* Решение задачи (4.6.6)-(4.6.9) и нахождение доходности портфеля  $B$ .

*Шаг 3.* Вычисление левых частей ограничений (4.6.8), т.е. выражений

$$\sum_{i=1}^{n^k} x_i^k, k = \overline{1, K}, \quad (4.6.12)$$

соответствующих оптимальному решению задачи (4.6.6)-(4.6.9). При условии повторного решения задачи (4.6.6)-(4.6.9) переход к шагу 7.

*Шаг 4.* Определение эффективных ограничений задачи (4.3)-(4.6).

*Шаг 5.* Моделирование возможных изменений коэффициентов диверсификации  $\Delta A_k$  для эффективных ограничений.

*Шаг 6.* Вычисление новых значений эффективных ограничений:

$$A_k^{j+1} = A_k^j + \Delta A_k.$$

$j = j + 1$ . Переход на шаг 2.

*Шаг 7.* Сравнение значений целевых функций и доходностей портфеля двух последовательно решенных задач (4.3)-(4.6). При улучшении значения целевой функции и доходности переход на шаг 4.

*Шаг 8.* Определение области целесообразного изменения параметров задачи

$$\Delta A_k^* = A_k^{j-1} - A_k^0,$$

где  $A_k^0$  – значения левых частей ограничений (4.6.8), соответствующие оптимальному решению задачи (4.6.6)-(4.6.9).

*Шаг 9.* Конец алгоритма.

Если  $\Delta A_k$  представить в виде случайной величины, заданной известной функцией плотности распределения, то можно воспользоваться методом обратной функции, методом исключения Неймана. Для моделирования дискретных значений  $\Delta A_k$ , возможные реализации  $\Delta A_{kj}$  ( $j = \overline{1, m}$ ) которых

заданы в виде таблицы  $\Delta A_k = \begin{pmatrix} \Delta A_{k1} & \Delta A_{k2} & \dots & \Delta A_{km} \\ p_1 & p_2 & \dots & p_m \end{pmatrix}$ , используется метод,

основанный на утверждении [84]: «Величина  $\Delta A_{kj}$  наступает с вероятностью  $p_k$  при выполнении условия  $U \in \Delta_k$ , где  $\Delta_k = p_k$ ».

#### **Выводы по 4 разделу**

1. Разработана математическая модель размещения инвестиционного портфеля.
2. Приведена общая схема метода расширения области допустимых значений.
3. Разработаны алгоритмы решения линейной и нелинейной задачи размещения инвестиционного портфеля.
4. Предложена общая схема моделирования коэффициентов диверсификации.
5. Основные результаты раздела опубликованы в [102, 110].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной научно-квалификационной работе были рассмотрены проблемы анализа эффективности финансовых инвестиций в условиях неопределённости.

Основные научные результаты исследовательской работы и практические выводы, заключаются в следующем:

1. Разработана функциональная схема выбора перспективного инвестиционного проекта в условиях неопределенности, которая может быть использована для разработки инструмента, позволяющего подробно описать инвестиционную деятельность.

2. Разработана структура имитационной системы анализа эффективности инвестиционной деятельности инвестора на базе теории принятия решений, которая хорошо зарекомендовала себя в различных сферах человеческой деятельности.

3. Разработаны алгоритмы определения значений общественной эффективности, в частности, с учетом фактора многомерности.

4. Разработан алгоритм выбора инвестиционных проектов.

5. Приведены методы оценивания величины чистого приведенного дохода как случайной величины с нестандартно заданными законами распределения.

6. Разработаны эффективные алгоритмы компьютерного моделирования рискованных ситуаций, связанных с форс-мажорными событиями, разработаны методы и алгоритмы экспертных оценок нормализуемых рисков.

7. Разработаны методы и алгоритмы экспертных оценок не формализуемых рисков.

8. Рассмотрены методы моделирования и разработаны алгоритмы внезапной остановки потока доходов с дискретным и непрерывным временем.

9. Разработана математическая модель размещения инвестиционного портфеля.

10. Приведена общая схема метода расширения области допустимых значений.

11. Разработаны алгоритмы решения линейной и нелинейной задачи размещения инвестиционного портфеля.

12. Предложена общая схема моделирования коэффициентов диверсификации.

Содержащиеся в работе научные результаты являются научно обоснованными и достоверными, базируются на новых методах и алгоритмах нахождения устойчивых решений задач оптимизации распределения средств с учетом как инвестиционных рисков, из-за нестабильности экономических процессов, так и «возмущенности» моделей таких задач. Достоверность выводов и заключений, изложенных в работе, подтверждаются научными методами исследования, публикациями основных положений в открытой печати и обсуждениями их на научно-практических конференциях.

Представленные подходы и разработанные методы и алгоритмы являются достаточно универсальными и актуальными для использования в любых организациях, занимающихся инвестиционной деятельностью.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Колтынюк А. Инвестиции. Учебник. – СПб.: Изд-во Михайлова В.А., 2003. – 848 с.
2. Bäuerle N., Rieder U. Markov Decision Processes with Applications to Finance. – Business mathematics. – Springer. – Jun 6, 2011. – 404 p.
3. Leippold M., Trojani F., Vanini P. Multiperiod mean-variance efficient portfolios with endogenous liabilities. // Quantitative Finance. – 2011. – Vol. 11, Iss.10. – P. 237.
4. Лукасевич И.Я. Анализ финансовых операций. – М.: ЮНИТИ, 2004. – 59 с.
5. Ткаченко А.Н. Оценка эффективности инвестиционных проектов. – Новокузнецк, 2003. – 283 с.
6. Быстров О.Ф., Поздняков В.Я., Прудников В.М. и др. Управление инвестиционной деятельностью в регионах Российской Федерации. – М: ИНФРА-М: 2008. – 144 с.
7. Magni C.A. Investment decisions in the theory of finance: Some antinomies and inconsistencies. // European Journal of Operational Research. Amsterdam: Feb 16, 2002. – Vol. 137, Iss. 1. – p. 206.
8. Agénor P.-R., Dinh H. T. From Imitation to Innovation: Public Policy for Industrial Transformation. // Poverty reduction and economic management (pre) network: [www.worldbank.org/economicpremise](http://www.worldbank.org/economicpremise). – MAY 2013. – N. 115. – p. 496.
9. Мальцев А., Тимофеев П., Заева М. Имитационное моделирование денежных потоков. // Журнал «Рынок ценных бумаг». – 2006. – №7(310). – 197 с.
10. Разработка методов компьютерного моделирования, анализа и оптимизации инвестиционных программ государственного банка развития: отчет о НИР (промежуточ.) // НАО «Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева»; рук. Шукаев Д.Н. – Алматы, 2015. – 102 с. – № ГР 0115РК02135. - Инв. № 0215РК00661.
11. Разработка методов компьютерного моделирования, анализа и оптимизации инвестиционных программ государственного банка развития: отчет о НИР (промежуточ.) // НАО «Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева»; рук. Шукаев Д.Н. – Алматы, 2016. – 145 с. – № ГР 0115РК02135. - Инв. № 0216РК00451.
12. Разработка методов компьютерного моделирования, анализа и оптимизации инвестиционных программ государственного банка развития: отчет о НИР (заключ.) // НАО «Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева»; рук. Шукаев Д.Н. – Алматы, 2017. – 108 с. – № ГР 0115РК02135. - Инв. № 0217РК00910.

13. Хасаншин И.И., Саватнеев А.А., Нарбаев Т.Р. Формирование и основы анализа инвестиционного портфеля предприятия // Вестник ВГУИТ. – 2018. Т. 80. №1. – С. 331-334.
14. Fabozzi F.J., Markowitz H.M. The theory and practice of investment management. 2<sup>nd</sup> ed. – 2011. 725 p.
15. Зыбин А. А. Понятие, типы и цели формирования инвестиционного портфеля // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2014. – № 1 (январь). – С. 116–120. – URL: <http://e-koncept.ru/2014/14024.htm>.
16. Фабоцци Ф. Финансовые инструменты / под ред. Ф. Фабоцци; [пер. с англ. Е. Востриковой, Д. Ковалевского, М. Орлова]. – М.: Эксмо, 2010. – 864 с.
17. Армстронг Ф. Инвестиционные стратегии 21 века / [пер. с англ. Спирин С.] – 2016. 190 с.
18. Можерина И.А. Формирование инвестиционной политики энергокомпаний: пути совершенствования // Российское предпринимательство. – 2012. – Том 13. – № 22. – С. 96-104.
19. Чараева М.В. Формирование инвестиционной политики предприятия в современных условиях // Финансовые исследования. – 2010. – Том 26 - №1. – С. 59-64.
20. НП ЦДО «Элитариум». Инвестиционная политика предприятия: восемь основных этапов // URL: <http://www.elitarium.ru/investicii-predpriatie-dejatelnost-finansovye-instrumenty-infljacija-cel-investirovanie>
21. Мальщук О.М. Проблемы разработки инвестиционной политики предприятия // Вопросы инновационной экономики. – 2011. – Том 1. – № 4. – С. 29-38.
22. Рыжинская Н.С., Ворожейкина Т.М. Актуальность аудита эффективности инвестиционной стратегии предприятия // Молодой ученый. – 2017. – Том 147. - №13. – С. 354-357.
23. Овсянников С.В. Инвестиции: учебное пособие. – Воронеж: Воронежский Центр Научно-Технической Информации, 2013. – 156 с.
24. Чиненов М.В. Инвестиции: учебное пособие / М.В. Чиненов и др.; под ред. М.В. Чиненова. – М.: КНОРУС, 2007. – 248 с.
25. Шукаев Д.Н., Ламашева Ж.Б. Анализ и выбор объектов распределения инвестиций // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 9-1. – С. 130-134.
26. Ковалев П.П. Особенности оценки рисков инвестиционных проектов // Экономика: вчера, сегодня, завтра. – 2017. – Том 7. № 5А. – С. 251-260.
27. Leung M.T., Daouk H., Chen A.S. Using investment portfolio return to combine forecasts: A multiobjective approach // European Journal of Operational Research. – 2001. – No. 134. – P. 84-102.
28. Hasuike T., Ishii H. Portfolio Selection Problems Using Scenario Model and Fuzzy Returns // Asia Pacific Management Review. – 2009. – V.3. №14 – P.335-347.
29. Ashoori M., Miao C.Y., Goh A.E.S., Qiong W. Intelligent Market Based Learner Modeling / Proceedings of PRICAI 2006: Trends in Artificial Intelligence edited by Q. Yang and G. Webb. – 2006. – P. 701-710.

30. Chou C.-C. The representation of multiplication operation on fuzzy numbers and application to solving fuzzy multiple criteria decision-making problems / Proceedings of PRICAI 2006: Trends in Artificial Intelligence edited by Q. Yang and G. Webb. – 2006. – P. 161-169.
31. Abiyev R.H., Menekay M. Fuzzy Genetic System for Modelling Investment Portfolio / Proceedings of PRICAI 2006: Trends in Artificial Intelligence edited by Q. Yang and G. Webb. – 2006. – P. 161-169.
32. Zhao Y., Stasinakis C., Sermpinis G. and Shi Y. Neural network copula portfolio optimization for exchange traded funds // Quantitative Finance. – 2018. – Vol. 18, No. 5 – P. 761-775.
33. Димитриади Г. Г., Ларичев О. И. Система поддержки принятия решений и метод ЗАПРОС-III: ранжирование многокритериальных альтернатив с вербальными оценками качества // Автоматизация и телемеханика. – 2005. – №8. – С. 146–160.
34. Silva T., Pinheiro P.R., Poggi M. A more human-like portfolio optimization approach // European Journal of Operational Research. – 2017. – No. 256. – P.252-260.
35. Xidonas P., Mavrotas G., Hassapis C., Zopounidis C. Robust multiobjective portfolio optimization: A minimax regret approach // European Journal of Operational Research. – 2017. – No. 262 – P. 299-305.
36. Долгосрочная финансовая политика – 2013. Лекции. – URL: <http://economics.studio/kredit-finansy/dolgosrochnaya-finansovaya-politika-lektsii.html>
37. Понятие инвестиционной стратегии и ее факторы – 2019. URL: [https://knowledge.allbest.ru/finance/2c0a65625b3bd68b4d43a88421316c37\\_0.html](https://knowledge.allbest.ru/finance/2c0a65625b3bd68b4d43a88421316c37_0.html).
38. Шубина Т.Н. Формирование инвестиционной стратегии региона в современных условиях // Наука Красноярья. – 2012. – Том. 1 - №3. – С. 177-185.
39. Бясов К.Т. Основные аспекты разработки инвестиционной стратегии организации // Финансовый менеджмент. – 2003. №4
40. Жихор И.И. Основы формирования инвестиционной стратегии, необходимые для эффективной работы предприятия // Актуальные проблемы науки, экономики и образования XXI века. – 2012. – С.308-315.
41. Журко, М.С. Разработка стратегии организации / М.С. Журко. – Москва: Лаборатория книги, 2010. – 92 с.
42. Дармилова Ж.Д. Выбор инвестиционной стратегии функционирования предприятия в конкурентной среде // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 5: Экономика – 2012. №1. – С. 5-10.
43. Шохин Е.И. Финансовый менеджмент / Учебник. – М.: ФБК-Пресс, 2004. – 408с.
44. Шукаев Д.Н., Ергалиева Н.О. Принятие инвестиционных решений в условиях неопределенности // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 11-3. – С. 444-446.
45. Shukayev D.N., Vimurat Zh., Abdibekov D., Yergaliyeva N.O. Making investment decisions under uncertainty // Proceedings of the IASTED International Conference Modeling, Simulation and Identification (MSI 2017) July 19-20, 2017 Calgary, Canada. – P. 50-52.

46. Шеремет А.Д. Управленческий учет: учебное пособие / Под ред. А.Д. Шеремета. – М.: ИД ФБК-ПРЕСС, 2000. – 513 с.
47. Критерии оценки проектов. URL: <https://pandia.ru/text/77/203/77993.php>
48. Шакирова Л.А. Оценка эффективности инвестиционных проектов производственных предприятий // Молодой ученый. – 2017. – Том 41. – №41. – С. 69-71.
49. Лалыгин Ю.Н. Сборник бизнес-планов реальных организаций: практ. пособие / под. ред. Ю.Н. Лапыгина – 2-е изд., стер. – М.: Издательство «Омега-Л», 2009. – 310 с.
50. Рябых Д. Анализ эффективности инвестиционных проектов. Связь с оценкой бизнеса // URL: <https://www.alt-invest.ru/index.php/ru/biblioteka/tematicheskie-stati/analiz-investitsionnykh-proektov/43-analiz-effektivnosti-investitsionnykh-proektov-svyaz-s-otsenкой-biznesa>
51. Субботин А. Показатели экономической эффективности инвестиционного проекта. URL: <https://oogp.ru/pokazateli-effektivnosti-i-privlekatelnosti-investitsionnykh-proektov.html>
52. Шукаев Д.Н., Жумагалиев Б.И., Бимурат Ж. Оценка социальной ставки доходности на основе финансовой отчетности для формирования инвестиционного портфеля банка развития // Фундаментальные исследования. – 2018. – №4 – С. 146-154.
53. Управление инвестиционной деятельностью. // URL: <http://mir-investicyj.ru/investicyonnaya-deyatelnost/upravlenie-investicyonnoj-deyatelnosti>
54. Миночкин Д.В. Сравнительный анализ программного обеспечения автоматизации оценки экономической эффективности горнопромышленных проектов. // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2008. №11. – С. 81-88.
55. Программа для разработки бизнес-плана – Инвестиционный анализ // URL: <http://www.finanaliz.ru/programs/340/2247.html>
56. Дмитриев О.А. Использование специализированного программного обеспечения в обучении экономических специальностей // Научный Вестник Технологического Института – Филиала ФГБОУ ВПО Ульяновская ГСХА им. П.А. Столыпина. – 2016. – №15. – С. 31-34.
57. Щелков Д.А. Методология анализа и моделирования инвестиционной деятельности в логических системах // Транспортное дело России. – 2008. – №2. – С. 104-106.
58. Альфа-проект // URL: [http://itfp.ru/alpha\\_project/](http://itfp.ru/alpha_project/)
59. Программа для финансового анализа – ФинЭкАнализ // URL: <http://1fin.ru/?id=102>
60. Финансовый анализ – ФинЭкАнализ 2013 URL: [https://freesoft.ru/windows/finansovyy\\_analiz\\_finekanaliz\\_2011](https://freesoft.ru/windows/finansovyy_analiz_finekanaliz_2011)
61. [48] Калимулла Э.Р., Валиахметов А.Ф. Сравнительный анализ современных программных продуктов для проведения финансово-экономического анализа // Молодежный Вестник Уфимского Государственного Авиационного Технического Университета. – 2016. – Том 15. – №2. – С. 53-60.
62. Финансовая стратегия URL: <http://1-fin.ru/?id=281&t=141>

63. Альт-Инвест (Сумм) // URL: <https://www.alt-invest.ru/index.php/ru/programmy/opisaniya/alt-invest>
64. Project Expert – программа для разработки бизнес-планов и оценки инвестиционных проектов // URL: <https://www.expert-systems.com/financial/pe/>
65. Кошкина Л.Ю., Понкратова С.А. Современные информационные технологии в курсе “Инжиниринг биотехнологических процессов и систем” // Вестник Технологического Университета. – 2015. – Том 18. – №23. – С. 106-109.
66. COMFAR III Expert // URL: <https://www.unido.org/resources/publications/publications-type/comfar-software>
67. Матвеева Н.А. Введение в специальность: учебное пособие. – СПб.: Университет ИТМО, 2016. – 223 с.
68. Положенцева Ю.С. Индикативная оценка инвестиционной привлекательности Курской области // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. – 2013. – Том 3. – №3. – С. 79-88
69. Бимурат Ж. Информационные системы управления инвестициями // Вестник КазННТУ. – 2019. – Том 133, №3. – С. 199-207.
70. Блау С.Л. Инвестиционный анализ. – М.: Дашков и К, 2018. – 256 с.
71. Чараева М.В. Использование инвестиционного анализа в финансовом менеджменте российских предприятий // Сборник материалов международной научной конференции “Современные технологии управления - 2014”. – 2014. – С. 2093-2104.
72. Колмыкова, Т. С. Инвестиционный анализ: Учебное пособие / Колмыкова Т. С., 2-е изд., переработ. и доп. – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 204 с.
73. Shukayev D.N., Lamasheva Z., Ayapbergenova A., Bimurat Zh. Formalizing the investment selection process of the Development Bank of Kazakhstan // Journal of Finance and Banking Review. – 2017. – Vol. 2(1). – P. 9-16.
74. Шукаев Д.Н., Ким Е.Р., Бимурат Ж. Моделирование и анализ эффективности инвестиционной деятельности банка // Труды международной научно-практической конференции «Математические методы и информационные технологии макроэкономического анализа и экономической политики», посвященной празднованию 80-летнего юбилея академика НАН РК Абдыкаппара Ашимовича Ашимова, 2017 г. – С. 113-118.
75. Четыркин, Е.М. Методы финансовых и коммерческих расчётов. – М.: ДелоЛтд, 1995. – 320 с.
76. Кирлица, В.П. Финансовая математика: учебное пособие. – Мн.: ТетраСистемс, 2005. – 192 с.
77. Shukayev D.N., Kim Ye., Bimurat Zh. Simulation analysis of the investment activity effectiveness of the Development bank // Proceedings of the IASTED International Conference Modeling, Simulation and Identification (MSI 2017) July 19-20, 2017 Calgary, Canada. – P. 53-57.
78. Шукаев Д.Н., Ким Е.Р., Абдикадырова А.А. Функциональные задачи предынвестиционной деятельности банка развития // Международный журнал

прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 10 (часть 4) – С. 605-610.

79. Уточкина И.А. Основные элементы анализа кредитоспособности предприятия-заёмщика // Наука и общество. – 2012. - №5(8). – С.219-223

80. Волков А.С. Инвестиционные проекты от моделирования до реализации – СПб.: Вершина, 2006. – 280 с.

81. Абашев С.С. Обоснование и обеспечение эффективности инновационных проектов в жилищном строительстве // Инновационная деятельность. – 2012. – №2(20). – С. 70-74.

82. Непомнящий Е.Г. Инвестиционное проектирование: Учебное пособие. – Таганрог: ТРТУ, 2003. – 262 с.

83. Трофимов, Г.А. Инвестиционная стратегия: учебное пособие / Г.А. Трофимов. – СПб.: ИЭО СПбУТУиЭ, 2011. – 260 с.

84. Шукаев Д.Н., Ергалиева Н.О., Ламашева Ж.Б. Компьютерное моделирование. Методы и применения. – Алматы: КазНИТУ, 2017. – 200 с.

85. Миночкин Д.В., Фролов С.В. Оценка показателей эффективности проекта с учетом риска // Горный информационно-аналитический бюллетень – 2005 – №5 – С. 172-174

86. Потапов В.Д., Яризов А.Д. Имитационное моделирование производственных процессов в горной промышленности. – М.: Высшая школа, 1981. – 191 с.

87. Иванова В.М. Случайные числа и их применение. – М.: ФиС, 1984. – 114 с.

88. Кирлица В.П., Пушкин А.А. Оценивание чистого приведённого дохода инвестиций в условиях неполной информации о величине получаемого дохода // Электронный журнал: Экономика, моделирование, прогнозирование. № 5. <http://www.bs.u.by/Cache/pdf/142643.pdf>

89. L. Oakshott. Business Modelling and Simulation. - Pearson Education, 1997. – p. 367.

90. Волков И.М., Грачева. М.В. Проектный анализ: учебник для вузов. – М.: Банки и биржи, ЮНИТИ, 1998. – 423 с.

91. Яцкив И.В., Юршевич Е.А. Применение имитационного моделирования для оценки рисков инвестиционных проектов // Имитационное моделирование. Теория и практика: Сборник докладов первой всероссийской научно-практической конференции ИММОД-2003. – Том 2. – С. 153-157.

92. Решецкий В.И. Экономический анализ и расчет инвестиционных проектов. – Калининград: ФГУИПП Янтарный сказ, 2001. – 477 с.

93. Naixiang Yao, Yan Zeng, Shumin Chen. Multi-period mean–variance asset–liability management with uncontrolled cash flow and uncertain time-horizon // Economic Modelling. – 2013. -Vol. 30. – P. 492-500.

94. Басангова К.М. Анализ методов оценки инвестиционного риска // Проблемы современной экономики. – 2010 – Том 33. – №1. – С. 258-263.

95. Модернизация экономики на основе технологических инноваций / А.Н. Асаул, Б.М. Карпов, В.Б. Перевязкин, М.К. Старовойтов. – СПб.: АНО ИПЭВ, 2008. – 606 с.
96. Шапкин А.С., Шапкин В.А. Теория риска и моделирование рискованных ситуаций. Учебник. - М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К0», 2005. - 880 с.
97. Дубров А.М., Лагоша Б.А., Хрусталева Е.Ю. Моделирование рискованных ситуаций в экономике и бизнесе. Учебное пособие. - М.: Финансы и статистика, 2000. - 176 с.
98. Шарп У., Александер Г., Бэйли Дж. Инвестиции: пер. с англ. – М.: Инфра-М, 2001. – 1028 с.
99. Базара М., Шетти К. Нелинейное программирование: теория и алгоритмы. – М.: Мир, 1982.
100. Солунский А.И., Ефремова Е.Н. Анализ действующих методик оценки рисков в недвижимости // Недвижимость: экономика, управление. – 2007. – №1-2. – С. 11-16.
101. Шукаев Д.Н., Ким Е.Р., Ергалиева Н.О. Формирование инвестиционного портфеля с «возмущенными» параметрами // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 10-1. – С. 228-233;
102. Shukayev D., Vimurat Zh., Shukayev M., Simons A. Optimal portfolio selection for a development bank // Вестник КазНУ. Серия Экономическая. – 2018. – Том 126, №4. – С. 104-116.
103. Shannon E. Systems Simulation. – Prentice-Hall, Inc., 1975
104. Forsyth P.A., Kennedy J.S., Tse S.T., Windcliff H. Optimal trade execution: A mean quadratic variation approach. // Journal of Economic Dynamics and Control. – December 2012. – Vol. 36, Issue 12. – P. 1971-1991.
105. Шукаев Д.Н., Ергалиева Н.О., Ламашева Ж.Б. Метод расширения для линейных задач распределения ресурсов со случайными параметрами // Вопросы информационных технологий. Международный сборник научных статей. Под общей редакцией А.В. Горбенко, Д.В. Фроловой, Липецк – 2014. – С. 34-43
106. Кожакулова Ж.Ж. Разработка имитационно-аналитических методов компьютерного анализа и управления процессами создания и распределения запасов // Сборник научных трудов VI международной научно-практической конференции «Современные информационные технологии и ИТ-образование». Под редакцией проф. В.А. Сухомлина, Москва – 2011. – С. 429-444
107. Шукаев Д.Н. : Автореф. дис. докт. техн. наук. – Алматы: 1990.
108. Есбатыров Т.Е., Шукаев Д.Н., Хисаров Б.Д. Распределение нагрузок в параллельных системах методом расширения // Математическое, алгоритмическое и техническое обеспечение АСУТП. – Ташкент, 1988. – 153 с.
109. Таха Х. Введение в исследование операций: В 2 х кн. Кн.1. – М.: Мир, 1985. – 324 с.

110. Bimurat Zh., Abdibekov D.U., Shukayev D.N., Kim Ye.R., Shukayev M.D. Sensitivity of optimal portfolio problems to time-varying parameters: simulation analysis // *Journal of Asset Management*. – 2019. – Vol. 20, Issue 5. – P. 395-402.
111. Shukayev D.N., Kim E.R., Shukayev M.D., Ergalieva N.O., Mereke A.A., Modeling resource flows and allocations in systems with parallel structure // *Proceedings of the IASTED International Conference Applied Simulation and modeling (ASM 2012), Napoli, Italy*. – 2012. - P. 57-63.
112. Гольштейн Е.Г., Юдин Д.Б. Новые направления в линейном программировании. - М.: Сов.радио. 1966. – 524 с.
113. Dontchev A.L. Perturbations, approximations and sensitivity analysis of optimal control systems. – Berlin: Springer- Verlag, 1983. – vol. 52. – p. 161.
114. Tikhonov A.N., Arsenin V.Y. Methods for solving illposed problems. – М.: Science, 1996.
115. Pervozvanskyi A. A. Optimization of system with weak coupling // *Systems Science*, V. 1-2, 1979, Vol. 2, – P. 23-32.
116. Nikolouzou E.G., Sampatakos P.D., Venieris I.S. Evaluation of an algorithm for dynamic resource distribution in a differentiated services network // *Proceedings of the IEEE International conference on networking*, Colmar, France, July 9-13, 2001. – P. 266-275.
117. Weikard H-P., Seyhan D. Distribution of phosphorus resources between rich and poor countries: the effect of recycling // *Ecological economics*, 2009, № 8, – P. 1749-1755.
118. Cannon S, Rehman S, Mendez A, Vo V., Ordonez A, Singh A. Optimization of resource distribution in the George Mason university // *Parking system*. [http://seor.gmu.edu/projects/capstone\\_2002/parking.pdf](http://seor.gmu.edu/projects/capstone_2002/parking.pdf)
119. Shukaev D.N., Kim E.R. Extension method in location problem with discrete objects // *Proceedings of the 21st IASTED International Conference «Modelling and Simulation (MS 2010)»*, Banff, Alberta, Canada, 2010, – P. 270-274.
120. Shukayev D.N., Abdullina V.Z., Yergaliyeva N.O., Lamasheva Zh.B. Modeling the processes of distribution of resource flows // *Proceedings of the Romanian academy, Series A*, Vol. 15, № 1/2014. – P. 85–94
121. Шукаев Д.Н., Ергалиева Н.О., Ламашева Ж.Б., Абдикадырова А.А. Имитационная модель анализа параметров задач распределения ресурсов // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. – 2015. – №6-2. – С. 214-217
122. Kelton W. D., Law A. M. Simulation modeling and analysis. – Singapore: McGraq-Hill Book Co., 1991. – 750 p.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### Выбор оптимального портфеля инвестора

Рассмотрим один из подходов выбора оптимального портфеля инвестора, который инвестирует ограниченное количество средств в частные компании из различных секторов экономики Казахстана на основе функциональной схемы аналитической системы управления инвестициями, представленной в работе. Решение поставленной задачи было основано на анализе финансовых инвестиций. В качестве объекта анализа были выбраны ценные бумаги, информацию о которых можно получить на фондовой бирже KASE.

На этапе “Предварительное рассмотрение проектов” был рассмотрен и изучен список инструментов, представленный на сайте kase.kz (см. рис. А1).

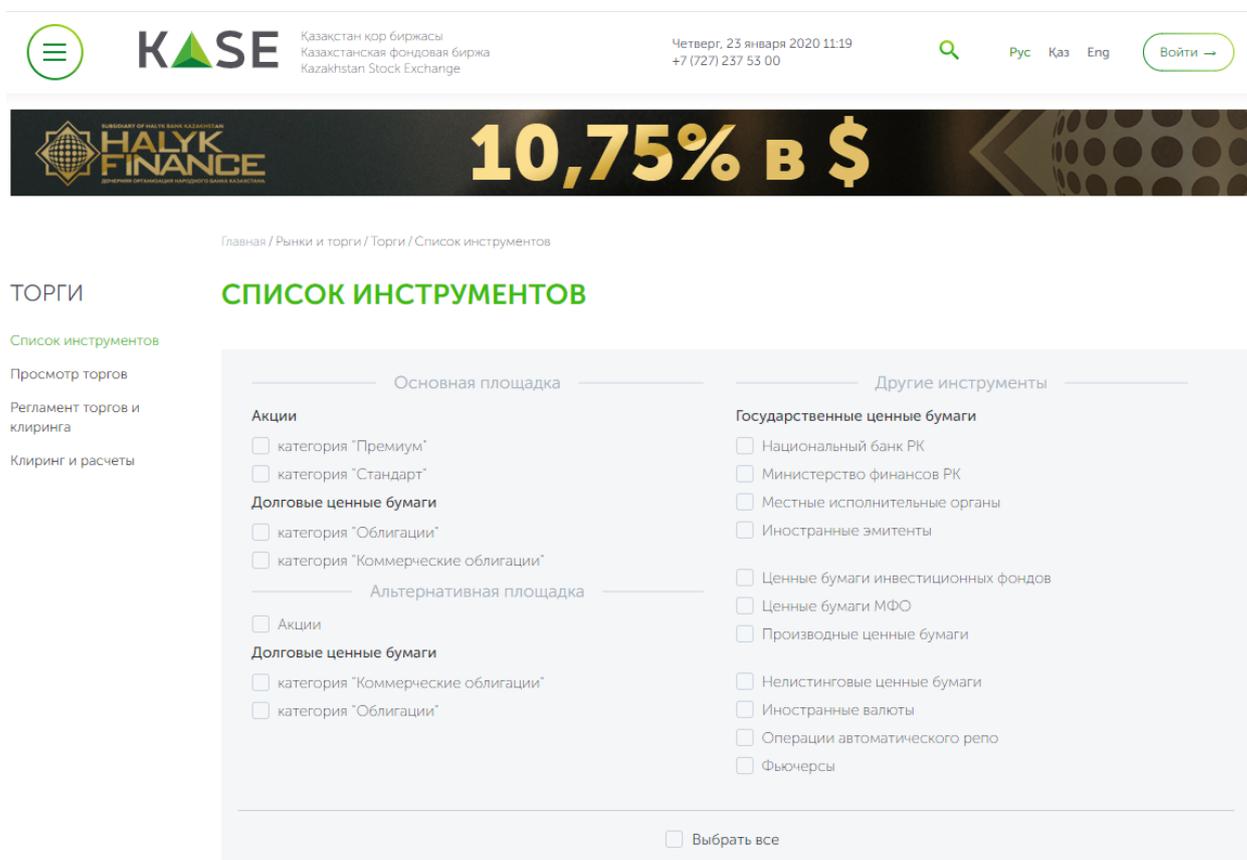


Рисунок А1. Список инструментов фондовой биржи KASE

На этапе “Экспертиза проекта” основываясь на данных из отчетностей, представленных компаниями, был составлен следующий список ценных бумаг из 11 компаний из четырех отраслей экономики: 1) инфраструктурной; 2) производство металлов; 3) добыча нефти; и 4) телекоммуникационной отрасли

Отрасль	Инфр.	Инфр.	Металлы	Металлы	Металлы	Нефть	Нефть	Нефть	Тел.	Тел.	Тел.
Компания	KZTO	KEGC KZ	CAML LN	GB KZMS	KAZ LN	KMG LI	NOG LN	RDGZ	Kcel LI	Kcel KZ	KZTK

Для расчета на этапе “Анализ эффективности инвестиций” был выбран показатель общественная эффективность (*SROI*). На основе метода, описанного

в статье “Оценка социальной ставки доходности на основе отчетности для формирования инвестиционного банка развития” для эмитента “Казахтелеком” была получена следующая серия показателей:

Код	Эмитент	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007	2006	2005
KZTK	Казахтелеком	26	37	35	37	40	38	34	33	39	34	44	42	47	64

Основываясь на полученных статистических данных, была получена функция плотности компонент общественной эффективности (см. рис. А2).

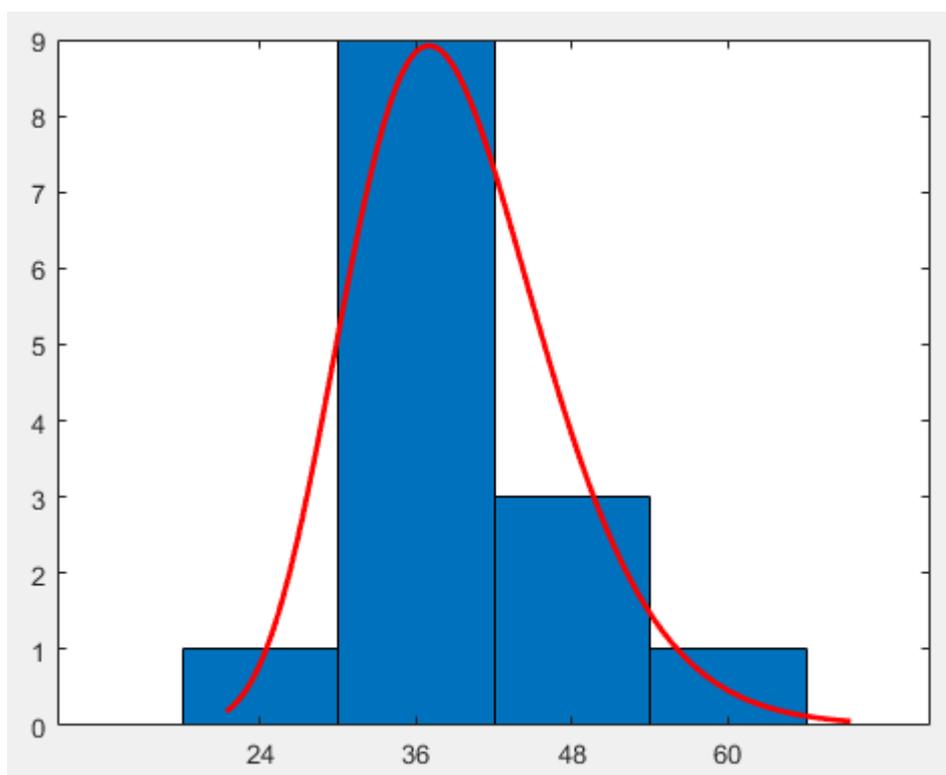


Рисунок А2. Функция плотности компонент общественной эффективности

На основе закона распределения полученной функции плотности мы можем оценить возможные значения общественной эффективности с помощью моделирования случайных величин.

На этапе “Моделирование и оптимизация инвестиционных параметров” мы собрали из ежедневных бюллетеней Nalyk Finance серии доходности и рыночной капитализации для представленных компаний за 4 года. В нашем анализе мы использовали следующие три переменные: ожидаемый доход за 12-месячный период, средние значения доходности и стандартное отклонение показателей месячной доходности. Используя методы квадратичного программирования для решения поставленной задачи, были получены кривые оптимального компромисса между доходностью и риском (см. рис. А3).

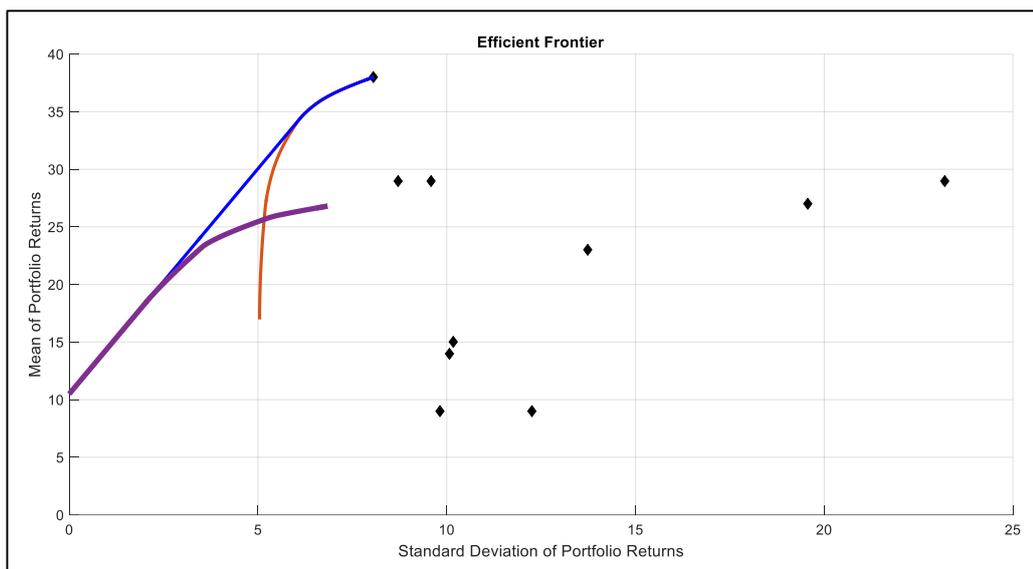


Рисунок А3. Кривые оптимального компромисса между доходностью и риском при наличии или отсутствии государственных облигаций и диверсификационных ограничений

# ПРИЛОЖЕНИЕ Б

## Отзыв-рекомендация

AL FALAH INVESTMENT MANAGEMENT  
(KAZAKHSTAN) LIMITED LLP

31, Nauryzbai Batyr Street,  
Premium Business Center  
Floor 8, office 82  
050000, Almaty, Kazakhstan

t.: +7 727 278 01 17  
f.: +7 727 279 27 00

www.afcp.kz  
info@falahpartners.com

г. Алматы, 21 сентября 2017

Ref. № ALA-0319-2017

### Отзыв-рекомендация

*по НИР «Разработка методов компьютерного моделирования, анализа и оптимизации инвестиционных программ государственного банка развития»*

**Организация-исполнитель:** КазННТУ им.К.И.Сатпаева.

**Научный руководитель:** доктор технических наук, профессор КазННТУ Шукаев Д.Н.

Представленный к практическому применению проект «Разработка методов компьютерного моделирования, анализа и оптимизации инвестиционных программ государственного банка развития» является завершённым научным исследованием.

В проекте разработаны новые методы и алгоритмы инвестиционной деятельности, учитывающие специфику и программно - целевые установки по развитию экономики Казахстана. Особое внимание уделено различиям в стратегиях оптимизации инвестиционной деятельности банка развития от оптимальных инвестиционных процедур коммерческих банков, созданные различиями в инвестиционных приоритетах.

Следует особо отметить, что разработанный проект имеет прикладную направленность и может быть использован в практической инвестиционной деятельности. При работе над проектом был учтен зарубежный опыт, вместе с тем учтены особенности инвестиционной деятельности в Республике Казахстан. Для того, чтобы сделать свой анализ максимально полезным для практической деятельности Казахстанских финансовых учреждений, этот проект использует реальные финансовые отчёты, а также реальные данные по доходности для крупных казахстанских компаний, представленных на Казахстанской фондовой бирже (KASE).

Внедрение проекта окажет существенную пользу специалистам за счет применения обоснованных методов и современных информационных технологий, а также требует непосредственного участия пользователей по использованию и запуску системы. Многие аналитические процедуры описанные в данной работе детально поясняются, используя интуитивные примеры и электронные ссылки к реальным аналитическим пакетам и данным. Система обладает свойством масштабирования, что позволяет расширять возможности системы, за счет применения новых критериев инвестиционной деятельности.

На наш взгляд, выполненная НИР пригодна к использованию различными субъектами инвестиционной деятельности. Разработанная методология инвестирования позволит пользователям повысить обоснованность и эффективность решений при формировании инвестиционных портфелей. Особенно полезными являются практические примеры с реальными данными из Казахстанских и зарубежных источников. Они могут быть непосредственно использованы для обучения банковского персонала стратегиям оценки инвестиционных портфелей.

**Инвестиционный Директор**

AL FALAH CAPITAL PARTNERS  
Наурызбай Батыра, 31  
8 этаж, офис #82



**Карабаев А.С.**

## Отзыв-рекомендация

*по НИР «Разработка методов компьютерного моделирования, анализа и оптимизации инвестиционных программ государственного банка развития»*

*Организация - исполнитель: КазННТУ им.К.И.Сатпаева.*

*Научный руководитель: доктор технических наук, профессор КазННТУ Шукаев Д.Н.*

Одним из важных направлений экономической политики Казахстана является программа диверсификации экономики, развития новых конкурентоспособных отраслей с высоким содержанием добавленной стоимости. Основная задача фонда развития, созданной для реализации этой программы, это финансирование проектов с высокой ожидаемой отдачей в виде доходности и социальной значимости. В силу очевидных причин все экономические проекты содержат элемент риска. Поэтому ожидаемая отдача должна прогнозироваться с учетом различных случайных событий и негативных факторов. Распределение средств в данных условиях требует системного подхода к процессу отбора проектов и оценки их ожидаемой отдачи и риска. Из вышесказанного, а также недостаточной разработанности методов моделирования и анализа путей формирования инвестиционной стратегии фондов развития вытекает целесообразность выполненного исследования.

В работе получены методы и алгоритмы моделирования, анализа и распределения средств для индустриально-инновационного развития экономики страны в условиях нестабильности параметров экономических процессов и на их основе создана имитационно-аналитическая система для исследования и повышения эффективности инвестиционной деятельности институтов развития страны, учитывающие специфику и программно - целевые установки по развитию экономики Казахстана.

Выполненное исследование имеет прикладную направленность и может быть использован в практической инвестиционной деятельности. В процессе работы был учтен зарубежный опыт, и вместе с тем, учтены особенности инвестиционной деятельности в нашей стране. Следует также отметить, что эта работа использует реальные финансовые отчёты, а также реальные данные по доходности для крупных казахстанских компаний, представленных на Казахстанской фондовой бирже (KASE).

Результаты, полученные в ходе исследований окажут существенную пользу специалистам за счет применения обоснованных методов и современных информационных технологий, а также требует непосредственного участия пользователей по использованию и запуску системы. Результаты исследований написаны строго обоснованным, и в то же время доступным языком. Все аналитические выкладки, описанные в данной работе детально поясняются, используя примеры и электронные ссылки к реальным аналитическим пакетам и данным. Система обладает свойством интеграции, что позволяет расширять возможности системы за счет применения новых критериев инвестиционной деятельности.

Полученные результаты можно использовать при создании информационных систем для банков, участвующих в финансировании инвестиционных проектов, реализуемых правительством, а также другими субъектами инвестиционной деятельности. Предлагаемая методология инвестирования позволит пользователям повысить обоснованность и эффективность решений при формировании инвестиционных портфелей. Полезными являются практические примеры с реальными данными из Казахских и зарубежных источников и они могут быть непосредственно использованы для обучения субъектов инвестиционной деятельности стратегиям оценки инвестиционных решений.

Результаты данного исследования возможно использовать и применять в работе структурных подразделений, осуществляющих оценку инвестиционных проектов и могут рекомендованы при разработке методических материалов по организации инвестиционной деятельности.

**Заместитель  
Председателя Правления АО «БРК - Лизинг»**



**Ж.Ибрашева**