

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа: Инженерная школа ядерных технологий

Направление подготовки: 01.04.02«Прикладная математика и информатика»


Отделение школы: Экспериментальной физики

МАГИСТЕРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
An algorithm for moment-matching scenario generation with application to financial portfolio optimization

УДК 519.216:519.86:336.717.061-048.34

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0ВМ81	Изместьева Юлия Константиновна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Семенов Михаил Евгеньевич	к. ф.-м.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Киселева Е. С.	к. э. н		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Романова С. В.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Трифонов А.Ю.	д.ф.-м.н., профессор		

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа ядерных технологий

Направление подготовки 01.04.02 «Прикладная математика и информатика»

Отделение экспериментальной физики

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

_____ Трифонов А.Ю.

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
ОВМ81	Изместьевой Юлии Константиновны

Тема работы: **An algorithm for moment-matching scenario generation with application to financial portfolio optimization**

Утверждена приказом директора (дата, номер)	28.02.2020, № 59-75/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	31.05.2020
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. Д.);</i>	Объект исследования – алгоритм генерации moment-matching сценария, используемый при управлении оптимального портфеля ценных бумаг. Предлагаемый алгоритм должен поддерживать возможность задания пользователем необходимого количества сценариев, вероятность которых отличается от равномерного закона распределения, сгенерированные сценарии должны
---	--


	удовлетворять наблюдаемым значениям на уровне статистической значимости ($\alpha=0,05$).
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Провести сравнительный анализ методов генерации сценариев, указать достоинства и недостатки методов, описанных в литературе. Описать существующие подходы к тестированию полученных результатов. 2. Программно реализовать выбранный алгоритм в среде программирования MATLAB. 3. Предложить модификацию существующих алгоритмов генерации (например, выбор матрицы Z, вектора L). 4. Провести тестирование алгоритма генерации на реальных исторических данных для оптимального портфеля ценных бумаг. Использовать тесты с использованием бутстреп процедуры (перестановочный тест, метод Монте-Карло и т.п.). 5. Интерпретировать полученные результаты моделирования и сделать выводы по проделанной работе.
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. График распределения вероятностей наступления сценария. 2. Функциональная зависимость выходных параметров алгоритмов от значения входных параметров. 3. Кривые CvaR для оптимального портфеля ценных бумаг.
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(если необходимо, с указанием разделов)</i></p>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Киселева Елена Станиславовна
Социальная ответственность	Романова Светлана Владимировна

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Семенов М.Е.	к.ф.-м.н., доцент		28.02.2020

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0ВМ81	Изместьева Юлия Константиновна		28.02.2020

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
0BM81	Измestьевой Юлии Константиновне

Школа	ИЯТШ	Отделение (НОЦ)	ОЭФ
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Прикладная математика и информатика

Тема дипломной работы:

An algorithm for moment-matching scenario generation with application to financial portfolio optimization

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	В данной работе исследуется алгоритм генерации moment-matching сценариев. Исследование проводится при использовании программных утилит, установленных на ЭВМ. Рабочая зона выполнения работы – учебная аудитория 10-ого корпуса ТПУ.
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:


<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197; ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования; СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным ЭВМ и организации работы;
<p>2. Производственная безопасность:</p> <p>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p> <p>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Повышенный уровень электромагнитного излучения. • Недостаточная освещенность рабочей зоны. • Превышение уровня шума. • Отклонение показателей микроклимата. • Поражение электрическим током.
<p>3. Экологическая безопасность:</p>	<ul style="list-style-type: none"> • анализ влияния объекта и процесса исследования на окружающую среду; • разработка организационных и технических мероприятий по защите окружающей среды.
<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p>	<p>Выбор и описание возможных ЧС:</p> <ul style="list-style-type: none"> • пожар. • обоснование мероприятий по предотвращению ЧС; • разработка порядка действий в результате возникновения ЧС.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Романова С. В.			11.03.2020

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0BM81	Измestьева Юлия Константиновна		11.03.2020

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа		ФИО	
ОВМ81		Изместьевой Юлии Константиновне	
Школа	ИЯТШ	Отделение школы (НОЦ)	ОЭФ
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	01.04.02 Прикладная математика и информатика

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска. Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ.</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Коэффициенты для расчета заработной платы: -30% премии; 20% надбавки; 16% накладные расходы; 30% районный коэффициент</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Для юридических лиц в области образования социальные отчисления = 30,2%.</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	<i>1. Потенциальные потребители результатов исследования; 2. Анализ конкурентных технических решений; 3. SWOT – анализ.</i>
2. <i>Разработка устава научно-технического проекта</i>	<i>1. Цели и результат проекта. 2. Организационная структура проекта.</i>
3. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	<i>1. Структура работ в рамках научного исследования; 2. Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения научного исследования; 3. Расчет бюджета научно – технического исследования (НТИ).</i>
4. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	<i>1. Определение интегрального финансового показателя разработки; 2. Определение интегрального показателя ресурсоэффективности разработки; 3. Определение интегрального показателя эффективности.</i>


Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

<i>Оценка конкурентоспособности технических решений Матрица SWOT Оценка готовности научного проекта к коммерциализации Календарный план проекта Диаграмма Ганта Расчет бюджета затрат НТИ Интегральный показатель ресурсоэффективности</i>
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Киселева Е. С.	к. э. н	15.03.2020	

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
ОВМ81	Изместьева Юлия Константиновна	15.03.2020	

ЗАПЛАНИРОВАННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код	Результаты обучения
<i>Общепрофессиональные компетенции</i>	
Р1	Самостоятельно приобретать, развивать и применять математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения нестандартных задач, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте.
Р2	Владеть и применять методы и средства получения, хранения, переработки и трансляции информации посредством современных компьютерных технологий, в том числе в глобальных компьютерных сетях.
Р3	Демонстрировать культуру мышления, способность выстраивать логику рассуждений и высказываний, основанных на интерпретации данных, интегрированных из разных областей науки и техники, выносить суждения на основании неполных данных, анализировать профессиональную информацию, выделять в ней главное, структурировать, оформлять и представлять в виде аналитических обзоров с обоснованными выводами и рекомендациями.
Р4	Анализировать и оценивать уровни своих компетенций в сочетании со способностью и готовностью к саморегулированию дальнейшего образования и профессиональной мобильности. Владеть, по крайней мере, одним из иностранных языков на уровне социального и профессионального общения, применять специальную лексику и профессиональную терминологию языка. Демонстрировать способность к самостоятельному обучению новым методам исследования, способность самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения.
Р5	Использовать на практике умения и навыки в организации исследовательских работ по использованию математических методов и моделирования для решения задач, способность организовывать и руководить работой команды.
Р6	Совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень. Проявлять инициативу, в том числе в ситуациях риска, брать на себя всю полноту ответственности.
<i>Профиль «Математическое моделирование и компьютерные вычисления»</i>	
Р7	Разрабатывать стратегии и цели проектирования, критерии эффективности и ограничения применимости, новые методы, средства и технологии математического моделирования объектов и явлений в различных предметных областях
Р8	Осуществлять авторское сопровождение процессов проектирования, внедрения, эксплуатации и модернизации моделирующих программных комплексов на всех этапах жизненного цикла

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 80 страниц, 28 рисунков, 19 таблиц, 43 источника литературы и 3 приложения.

Ключевые слова: moment-matching, сценарий, моделирование, метод Монте-Карло.

Объект исследования: временные ряды акций ПАО «Газпром», ПАО «Сбербанк» и ПАО «ВТБ» за период с 01.01.2016 по 01.01.2018.

Цель работы: применение метода генерации «moment-matching» сценариев к оптимизации портфеля ценных бумаг к оптимизации портфеля ценных бумаг.

Методы проведения исследования: теоретические и практические.

Полученные результаты: в работе использован метод генерации «moment-matching» сценариев. Рассмотрено влияние выбора способа расчёта параметра L на итоговый результат. Исследуемые способы – симметричная матрица, положительно определенная матрица и разложение Холецкого. Проведены численные эксперименты на исторических данных. В исследуемый алгоритм внедрён метод Монте-Карло для нормализации случайной величины.

Степень внедрения: средняя; требуется оформление программного кода в виде пакета программ. Область применения: междисциплинарная.

ESSAY

The qualification work contains 80 pages, 28 figures, 19 tables, 43 literature sources and 3 appendices.

Keywords: moment-matching, scenario, modeling, Monte-Carlo method.

Object of study: shares time series of Gazprom (GAZP), Sberbank (SBER) and VTB (VTB) for the period from 01/01/2016 to 01/01/2018.

Purpose of work: to apply the method of generating “moment-matching” scenarios to the optimization of the securities portfolio.

Research methods: theoretical and practical.

The results: In this work, the “moment-matching” scenario generation method is used. The influence of choosing the method of calculating the parameter L on the final result is considered. The methods studied are a symmetric matrix, a positive definite matrix, and the Cholesky decomposition. Numerical experiments on historical data are carried out. The Monte Carlo method is introduced into the algorithm under study to normalize the random variable.

The implementation degree: medium; design of the program code in the form of a software package is required. Scope: interdisciplinary.

Оглавление

Оглавление	9
Introduction	12
1. Literature review	13
2. Theory module	15
2.1. Securities portfolio	15
2.2. Stochastic programming	16
2.3. Matlab software environment	16
2.4. Monte-carlo method	17
2.5. Cholesky decomposition	19
2.6. Scenario generation algorithm	19
2.6.1. Algorithm's parameters.....	21
2.6.2. Weighted probabilities	22
2.6.3. Scenario output.....	24
2.7. Conditional VaR (CVaR) model for portfolio optimization.....	25
3. Practice module	28
3.1. Historical data and input parameters.....	28
3.2. Calculation of parameters Z and L.....	28
3.3. Algorithm calculation	29
3.3.1. L as a symmetric matrix.....	29
3.3.2. L as a positive definite matrix.....	32
3.3.3. L as cholesky decomposition	34
3.4. The influence of the Monte-Carlo method on the resulting scenarios.....	36
4. Социальная ответственность	37
4.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	37
4.1.1. Специальные правовые нормы трудового законодательства.....	37
4.1.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	38
4.2. Производственная безопасность	39
4.2.1. Недостаточная освещенность рабочей зоны.....	41
4.2.2. Повышение уровня шума	42
4.2.3. Отклонение показателей микроклимата.....	43
4.2.4. Повышенный уровень электромагнитного излучения.....	44

4.2.5. Поражение электрическим током.....	45
4.3. Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов	46
4.3.1. Недостаточная освещенность рабочей зоны	46
4.3.2. Повышенный уровень шума	46
4.3.3. Отклонение показателей микроклимата.....	47
4.3.4. Повышенный уровень электромагнитного излучения.....	48
4.3.5. Поражение электрическим током.....	48
4.4. Экологическая безопасность.....	49
4.4.1. Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду	49
4.4.2. Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду	49
4.4.3. Обоснование мероприятий по защите окружающей среды	50
4.5. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	50
4.5.1. Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований	50
4.5.2. Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС	51
4.6. Заключение по разделу.....	53
5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	54
5.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	54
5.1.1. Потенциальные потребители продукта	54
5.1.2. Анализ конкурентных технических решений	54
5.1.3. SWOT-анализ.....	56
5.1.4. Оценка готовности проекта к коммерциализации.....	56
5.2. Планирование научно-исследовательских работ	59
5.2.1. Структура работ в рамках научного исследования	59
5.2.2. Определение трудоемкости выполнения работ	60
5.3. Бюджет научно-технического исследования	63
5.3.1. Затраты на материалы.....	63
5.3.2. Затраты электроэнергии	64
5.3.3. Основная заработная плата	64

5.3.4. Отчисления во внебюджетные фонды	65
5.3.5. Накладные расходы	66
5.3.6. Формирование бюджета затрат НИИ.....	66
5.3.7. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	67
5.4. Выводы по главе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	70
Conclusion.....	72
Список публикаций студента	73
Список литературы	73

Introduction

Scientists often face the problem of choosing the optimal parameters in their projects. The situation with this choice may be complicated by the presence of mathematical uncertainty in the task. One of the classic approaches to solving problems, including uncertainty and risk, is stochastic programming.

Stochastic programming is a method for solving optimization problems in which the objective function is not available for calculation in its pure form, but can be estimated or calculated through an error from empirical observations or experiments [4]. Stochastic programming can be used in solving management problems and dynamic identification. The advantage of stochastic programming over direct methods of solving problems is that it does not require storage of all the accumulated information about the object, but offers a method of adaptive correction of estimates according to the following observation [5, 6].

Analytical solutions of stochastic problems can be achieved by various methods. Examples of this methods include Robins-Monroe, Kiffer-Wolfowitz methods, finite-convergent algorithms, random search methods, neural network and genetic algorithms, hidden Markov models as special cases of stochastic programming algorithms for solving various problems.

To obtain a numerical result from the stochastic program, the distribution that is used in one must be approximated through discrete distributions with a finite number of results. This approximation process is called a scenario generation process.

This work is aimed to apply the method of generating “moment-matching” scenarios to the optimization of the securities portfolio.

To achieve this goal, the following tasks have been formulated:

1. To analyze the information about the method of generation and choose the direction of research;
2. To implement the method in the Matlab programming environment;
3. To collect historical data and apply the studied method to it;
4. To interpret the results.

1. Literature review

One way to obtain a set of scenarios is a sample from the intended distribution or from historical data. As an example, we can assume that financial assets will follow the geometric Brownian motion or the GARCH process [14]. Sampling methods have clear advantages, but such distribution assumptions can be applied only to one financing area.

Other approaches to the scenario generation include a model based on the analysis of the main components [15], a stochastic approximation based on transport metrics [16, 17] and hidden Markov models [18, 19, 20]. Detailed review of various scenario generation methods is presented in [21].

Another class of methods for generating scenarios is based on comparing small set of statistical properties, for example, moments [22]. These methods can be divided into two groups.

In first approach statistical properties set as moments and include covariance matrix. In [23], the cubic transformation of standard one-dimensional normal random variables and factorization of the Cholesky's covariance matrix allows to obtain a multidimensional distribution that corresponds to a set of marginal central moments and a covariance matrix. A similar approach of consistent moments is used to generate probability weights and supporting points using non-convex optimization in [24]. In [25], the entropy maximization method is used to generate a discrete approximation to a continuous distribution.

In the second group, the parametric limit distributions are selected independently and then applied together with the factorization of the Cholesky covariance matrix to obtain the required multidimensional distribution. An iterative procedure of this type is described in [26], where marginal distributions and a correlation matrix are used to determine the correlated vectors of random numbers.

Generation methods of “moment-matching” scenarios are successfully applied in the stochastic optimization problem. They have the following advantages – these methods are not tied to a specific area, they do not use particular parametric family of distributions and also they allow setting various boundaries. The algorithm

considered in this paper also has two great advantages over other existing methods of generation “moment-matching” scenarios:

1. This method doesn't include optimization, so the calculating speed of this method is greater than the rest.

2. This method generates scenarios in conjunction with the corresponding weighting probabilities, which also gives a great advantage in the program runtime.

1.1. Object and methods of research

This paper explores the generation of scenarios for a securities portfolio using the "moment-matching" method. The historical data of stock prices were used as input data. In simulation process the following methods were used to calculate the matrix parameter of the algorithm:

- Cholesky decomposition;
- Calculation of a positive definite matrix;
- Calculation of a symmetric matrix.

To normalize the parameters of the method, the Monte Carlo method was used.

2. Theory module

2.1. Securities portfolio

A security is a financial asset, drawn up in a certain form and with mandatory details that should be protected only upon presentation of this document [1]. The meaning of a security includes stocks, bonds, derivatives, etc.

A portfolio is a set of financial assets that an investor can dispose of [2]. A portfolio may include various types of securities, contracts, real estate and their combinations. The main characteristics of portfolio are:

1. Profitability;
2. Liquidity;
3. Reliability;
4. Feasibility;
5. The level of risk.

The main aim of forming a securities portfolio is to achieve a certain level of expected return with minimal expected risk. At the same time, the results that are achieved with the successful formation of the portfolio [3] include:

1. Maximizing capital growth;
2. Maximization of income;
3. Security;
4. Providing liquidity

Based on the desired result, portfolios are divided into the following types:

- The portfolio of income, which is collected from securities with quick return income, but a low growth rate. The main task in creating that type of portfolio is the selection of the most profitable securities with minimal risk.

- A growth portfolio that is assembled from high-yield securities. Its main goal is to increase investor capital. The peculiarity of this portfolio is that it can use risky assets that give high profits.

- A portfolio of venture capital is collected from securities of small and medium-sized organizations specializing in the development and implementation of the latest technologies, which potentially should bring high profits in the future.

- A balanced portfolio contains securities of various natures, both profitable and risky. The main goal in forming such a portfolio is to block the riskiness of potentially high-yield investments by adding stable assets of average profit.
- The portfolio of short-term assets is compiled taking into account the liquidity of these assets. If necessary, such a portfolio can be quickly sold out.
- The long-term investment portfolio is based on assets with a maturity of more than 5 years.
- The regional portfolio is made up of assets of local enterprises.
- The industry portfolio includes securities of a narrow-specialized industry.

2.2. Stochastic programming

Stochastic programming is an approach to mathematical programming that allows obtaining indeterminacy in optimization models [4].

In tasks that are aimed at planning it is a usual practice to face optimization problems, which consider random character of certain parameters [5, 6]. Such problems are solved by stochastic programming methods. In these cases, there may be elements of the technological matrix, sizes, prices, and other factors as random value. Their random nature is due to the fact that it is impossible to determine value of every coefficient and standard, especially in long time planning. They can always change, either due to some unforeseen events, or simply under the influence of time and by an unknown value.

2.3. Matlab Software Environment

MATLAB is an application package of programs for solving scientific, technical and engineering problems using its own high-level interpreted programming language [7].

MATLAB features are its effectiveness in working with matrix data structures of various sizes, a well-developed library of built-in functions aimed at solving a wide class of problems and also the ability to connect extensions for working with

highly specialized tasks. This software is used in various subject areas, among which are:

1. Financial analysis;
2. Neural networks;
3. Signal and image processing;
4. Data visualization;
5. Control algorithms;
6. Databases;
7. Genetics, etc.

MATLAB's language is a high-level programming language that includes matrix-based data structures, a wide range of functions, an integrated development environment, object-oriented features, and interfaces to programs written in other programming languages.

Programs written in MATLAB are divided into two types – functions that include input and output parameters, a workspace for computing and storing results, and scripts that use a common workspace. Programs of both formats are stored as text files and are dynamically compiled into machine code.

In this work, the MATLAB language is advantageous to use because of its functionality and relatively fast work with large data arrays. [8].

2.4. Monte-Carlo method

The Monte-Carlo method is a method aimed at assessing the influence of random model parameters on its work process. The method is most often used to analyze the scatter of results with respect to quantity [27]. The main objectives of the method are:

- Transformation of uncertainty for analytical models;
- Calculation of probabilities in situations when analytical methods cannot be used.

Areas of application of the method are financial forecasting, analysis of investment projects, business analytics.

System models, information about the type of input data, sources of uncertainty and the required output data are used as input data for Monte-Carlo simulation. The input data and the corresponding uncertainty are considered in the form of random variables with corresponding distributions [28].

The outputs are parameters' values or probabilistic weights. The outputs may be the identification of the basic functions of the model that have the greatest impact on the output.

An analysis of the interaction of input and output parameters can determine the relative value of the factors of the system and identify ways to reduce the uncertainty of output values.

The procedure for applying the method usually includes the following steps [29]:

1. Definition of a model or algorithm that describes in detail the investigated problem;
2. Repeated iteration of the model with various input data generated through random variables to obtain the output of the model.

The advantages of the method include the following:

- The method can be applied to any distribution of input data, including empirical, based on observations of the systems under study;
- Models are understandable, and the relations between inputs and outputs are transparent;
- The method allows achieving the required accuracy of the results;
- Method's software is available and relatively inexpensive

The disadvantages of the method are the following:

- The accuracy of solutions depends on the number of iterations that can be performed, which can cause difficulties with poor technological support;
- The method assumes that data uncertainty can be described by a known distribution;
- Large and complex models can be difficult for specialists in modeling process and make it difficult to engage stakeholders.

2.5. Cholesky decomposition

For the first time, the Cholesky decomposition was proposed by the French mathematician Andre-Louis Cholesky in 1918. Further, this decomposition was used by T. Banashevich in 1938 [30].

Initially, Cholesky decomposition was used exclusively for dense symmetric positive definite matrices. Currently, its use has become much wider, for example, it is applied to complex conjugate matrices. To improve computing performance, a block version of decomposition is often used.

For sparse matrices, the Cholesky decomposition is used as the main stage of the direct method for solving linear systems. Cholesky decomposition options are also used in iterative methods for constructing re-converters of sparse symmetric positive definite matrices.

Cholesky decomposition is used to decompose positive definite Hermitian (in the real case, symmetric) matrices in the form $A = LL^T$, where L is the left triangular matrix, or $A = U^T U$, where U is the right triangular matrix [31]. It consists in the implementation of formulas for elements L . This decomposition has the following features:

1) The symmetry of the matrix, which allows you to store and calculate only half of its elements, which almost doubles both the amount of memory needed for the calculations and the number of operations in comparison, for example, with decomposition according to the Gauss method.

2) Accumulation mode: the calculation of scalar products takes a significant part of the time; thanks to him, the Cholesky decomposition has the smallest equivalent perturbation of all known matrix decompositions.

2.6. Scenario generation algorithm

The algorithm was developed and published in the work of K. Ponomareva, D. Roman, and P. Date [9]. Later it was supplemented with corrections defined in the work by authorship of Juan Pablo Contreras, Paul Bosch, and Mauricio Herrera [10]. This corrections concerned condition, parameters and steps of the algorithm, which was needed in original method for correct formation of scenarios.

Let us suppose that the information about the distribution of an N-variate random vector $r = [r^1, r^2, \dots, r^N]^T$ is available in terms of the following quantities being known [9]:

μ – mean vector;

Σ – covariance matrix (positive definite);

K_j – marginal third central moment of r^j , $j = 1, 2, \dots, N$;

ξ_j – marginal fourth central moment of r^j , $j = 1, 2, \dots, N$.

Define r_k^j as the result of each according to the k-th scenario and denote the central moments as

$$\begin{aligned} \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N K_j &= \bar{K}, \\ \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \xi_j &= \bar{\xi} \end{aligned} \tag{2.1}$$

For example, r could represent the future returns of N-assets, r_k^j being the return of asset j under scenario k . The algorithm is generic and not specific to financial portfolio applications; it is valid for generating scenarios of any random vector r with moment properties specified as above. In the light of the application considered in this paper, we will stick to notation prevalent in the financial optimization literature.

The outline of how the algorithm which follows the works is as follows. An even number of scenarios, $2N_s$, proportional to the vector's dimension, are generated so that they match the first and second moments. These scenarios are symmetrically distributed around the expected value so that the variance–covariance matrix is matched. Three additional scenarios are generated in order to match the average marginal skewness and the average marginal kurtosis of each individual component of the random vector r .

2.6.1. Algorithm's parameters

The first step is to choose an arbitrary positive integer s , an arbitrary non-zero deterministic vector Z , such as $\Sigma - ZZ^T > 0$, and the scalar $\rho \in (0,1)$.

In [9], it was proposed to find the vector Z as $Z = \rho\sqrt{\text{diag}(\Sigma)}$. That would work correctly only for small values of ρ and if the matrix Σ is positive definite.

The second work [10] proposed using eigenvectors and eigenvalues of the covariance matrix to select the vector Z . Let us assume that $0 < \lambda_1 \leq \dots \leq \lambda_n$ is the eigenvalues of the matrix Σ , and let be v^1, \dots, v^n the corresponding orthonormal eigenvectors. Set $Z = \rho\sqrt{\lambda_l}v^l$, and then:

$$(\Sigma - ZZ^T)v^j = \begin{cases} \lambda_j v^j, & j \neq l \\ \lambda_l(1 - \rho^2)v^l, & j = l \end{cases}, \quad (2.2)$$

This method allows covering different scalar values of ρ .

When the necessary elements are determined, the following parameters can be calculated:

$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{1}{2}\phi_1 + \frac{1}{2}\sqrt{4\phi_2 - 3\phi_1^2}, \\ \beta &= -\frac{1}{2}\phi_1 + \frac{1}{2}\sqrt{4\phi_2 - 3\phi_1^2}, \\ w_1 &= \frac{1}{\alpha(\alpha + \beta)}, \\ w_2 &= \frac{1}{\beta(\alpha + \beta)}, \\ w_0 &= 1 - \frac{1}{\beta\alpha}, \\ \gamma &= 2s^2 \frac{N\bar{\xi} - \frac{3}{4}\sum_{j=1}^N Z_j^4 \left(\frac{N\bar{k}}{\sum_{j=1}^N Z_j^3} \right)^2}{\sum_{l,k} L_{lk}^4}, \end{aligned} \quad (2.3)$$

where

$$\begin{aligned} \phi_1 &= \frac{N\bar{\xi}\sqrt{p_{s+1}}}{\sum_{j=1}^N Z_j^3}, \\ \phi_2 &= \frac{N\bar{k} - \frac{1}{2s^2}\sum_{l,k} L_{lk}^4 \left(\sum_{i=1}^s \frac{1}{p_i} \right)}{\sum_{j=1}^N Z_j^4}. \end{aligned} \quad (2.4)$$

The matrix L is a positive definite matrix satisfying the following inequality $\Sigma = LL^T + ZZ^T$. It can be defined as $L = \sqrt{\Sigma - ZZ^T}$ if it is assumed that the matrix L is a positive definite symmetric matrix [9], and it can also be found with the Cholesky decomposition as a triangular matrix [10].

Among other things, for this method, the necessary and sufficient condition for its operation is introduced:

$$\begin{aligned} \phi_2 - \phi_1^2 > 1 &\Leftrightarrow p_{s+1} \left[A - B \sum_{k=1}^s \frac{1}{p_k} \right] > 1, \\ A &= \frac{N\bar{k}}{\sum_{i=1}^N Z_i^4} - \left(\frac{N\bar{\xi}}{\sum_{i=1}^N Z_i^3} \right)^2, \\ B &= \frac{\sum_{i,j} L_{ij}^4}{2s^2 \sum_{i=1}^N Z_i^4}. \end{aligned} \tag{2.5}$$

This condition, which serves as a check of the positivity of parameters, was added in [10], since the original work [9] did not take into account the possibility of negative parameter values, which could potentially lead to negative probabilities for some scenarios.

2.6.2. Weighted Probabilities

In the original work [9], some points about construction of scenarios with respect to negative weighted probabilities were missed. It was indicated by the authors of [10] who introduced additional restrictions for the correct operation of the algorithm. The correct method for finding probabilities from the second paper will be indicated later.

After the matrices Z and L are determined, it is necessary to find the values of the probabilities p_k and p_{s+1} that will satisfy (2.5). Consider the following optimization problem that maximizes the value $\phi_2 - \phi_1^2$:

$$\begin{aligned}
& \max_{p_1, \dots, p_s, p_{s+1}} p_{s+1} \left[A - B \sum_{k=1}^s \frac{1}{p_k} \right] \\
& p_{s+1} = 1 - 2n \sum_{k=1}^s p_k \\
& p_{s+1}, p_k \geq 0, k = 1, \dots, s
\end{aligned} \tag{2.6}$$

In order for condition (2.5) will work, it is necessary that $A > 0$. The point $P^* = (p^*, p^*, \dots, p^*)^T$, $p^* = \sqrt{\frac{B}{2NA}}$ and $p_{s+1}^* = 1 - 2Nsp^*$ are the stationary points of problem (1.6) with the optimal value $(\sqrt{A} - \sqrt{2NBs})^2$. Moreover, when the expression $\sqrt{A} - \sqrt{2NBs}$ is positive and satisfies the sufficient second-order optimality condition, we can prove that (P^*, p_{s+1}^*) is the only maximum for the optimization problem.

Total, expression (2.5) can be written in the following form:

$$\frac{N\bar{k}}{\sum_{i=1}^N Z_i^4} - \left(\frac{N\bar{\xi}}{\sum_{i=1}^N Z_i^3} \right)^2 > 1 + 2N \sqrt{\frac{\sum_{i,j} L_{ij}^4}{\sum_{i=1}^N Z_i^4}} + n \frac{\sum_{i,j} L_{ij}^4}{2s^2 \sum_{i=1}^N Z_i^4}. \tag{2.7}$$

When $p_k = p^*$ for all $k = 1, 2, \dots, s$, the scenarios

$$X_{ik}^\pm = \mu \pm \frac{1}{\sqrt{2sp^*}} L_i, \tag{2.8}$$

will be the same for all $i = 1, \dots, N$.

Most approaches for the numerical solution of stochastic programming problems are based on replacing the probability distribution with a discrete distribution, where each scenario appears with its probability. A good approximation of the probability distribution requires a large number of scenarios, and repeated scenarios mean a reduction of elements in supporting the probability distribution.

For the purposes of the probability method P^* is no better than any other vector of probabilities that satisfies the necessary and sufficient condition (2.5), this is just one way of choosing them. To avoid repeated scenarios in the generation procedures, insignificant changes are introduced in the optimal probability vector P^* without losing the fulfillment of condition (2.5). Suppose that Z, L have been already selected and condition (2.7) is satisfied, then the optimal value of problem (2.6) is

greater than 1. In this case, there is a neighborhood P^* where condition (2.5) is still fulfilled and the probabilities p_k differ from each other.

Let s be an even number, and $\varepsilon_1, \dots, \varepsilon_{s/2}$ be positive constants. Consider the change in the probability vector as:

$$\hat{P} = \{p^* + \varepsilon_1, p^* + \varepsilon_2, \dots, p^* + \varepsilon_{s/2}, \dots, p^* - \varepsilon_2, p^* - \varepsilon_1\}^T. \quad (2.9)$$

With this change, an additional probability \hat{p}_{s+1} is maintained, and the value $\phi_2 - \phi_1^2$ decreases according to the following equation:

$$\phi_2 - \phi_1^2 = p^*_{s+1} \left[A - B \frac{S}{p^*} \right] - 2 \frac{p^*_{s+1}}{p^*} B \sum_{k=1}^{s/2} \frac{\varepsilon_k^2}{p^{*2} - \varepsilon_k^2} \varepsilon_k^2 \quad (2.10)$$

In order to make \hat{P} feasible when $\phi_2 - \phi_1^2 > 1$, the following is necessary:

$$2 \frac{p^*_{s+1}}{p^*} B \sum_{k=1}^{s/2} \frac{\varepsilon_k^2}{p^{*2} - \varepsilon_k^2} \varepsilon_k^2 < p^*_{s+1} \left[A - B \frac{S}{p^*} \right] - 1. \quad (2.11)$$

The following formula can be used to select values ε_k :

$$\varepsilon_k = u_k p^* \sqrt{\frac{v^* - 1}{p_{s+1} A - 1}}, k = 1, \dots, s/2, \quad (2.12)$$

Where v^* is the optimal solution to problem (2.6).

After that, the probabilities are redefined as $p_k = p^* + \varepsilon_k$ for $k = 1, \dots, s/2$, $p_k = p^* - \varepsilon_k$ for $k = s/2 + 1, \dots, s$, and $p_{s+1} = p_{s+1}^*$.

2.6.3. Scenario output

Print scripts

$$\begin{aligned} X_{ik}^\pm &= \mu \pm \frac{1}{\sqrt{2sp_k}} L_i, \\ X_\alpha &= \mu + \frac{\alpha}{\sqrt{p_{s+1}}} Z, \\ X_\beta &= \mu - \frac{\beta}{\sqrt{p_{s+1}}} Z, \\ X_0 &= \mu, \end{aligned} \quad (2.13)$$

and the corresponding probabilities:

$$\begin{aligned}
V(\mathbf{X}_{ik}^+) &= V(\mathbf{X}_{ik}^-) = p_k, \\
V(\mathbf{X}_0) &= p_{s+1} w_0, V(\mathbf{X}_\alpha) = p_{s+1} w_1, V(\mathbf{X}_\beta) = p_{s+1} w_2
\end{aligned} \tag{2.14}$$

2.7. Conditional VaR (CVaR) model for portfolio optimization

Denote a random vector, representing future income from assets, as $r = [r^1, \dots, r^N]^T$.

Let x_j be a fraction of the capital invested in asset j , then $x = (x_1, \dots, x_N)$ is a vector of shares in the entire portfolio of securities. The income of this portfolio is a random variable: $r_x = x_1 r^1 + \dots + x_N r^N$; this distribution depends on choice of the vector x and on the distribution of the vector r .

In the theory of “medium risk” the portfolio income distribution is described by two statistical variables: the expected value and the “risk” value. The portfolio selected for method’s realization should be “effective”, it means that one’s should have the lowest risk value for a given expected return. An effective portfolio is found by solving the optimization problem, in which, for example, portfolio risk is minimized, while the expected return is limited. Similar tasks are usually solved numerically by approximating the distribution of future income through discrete ones with a finite number of realizations, which is a generation of scenarios of future income of assets.

Traditionally, risk is measured through variance [11]. In optimization problem of the average variance scenarios are not needed for the future return on assets, only their expected values and the covariance matrix. However, it was noted that risk can be better quantified, so several alternative methods for measuring risk have been proposed. Recently, the portfolio optimization task includes more sophisticated methods for measuring risk, primarily ones that associated with the left tails of distributions. Risk measurements in this category include CVaR, which has good theoretical and computational properties and has gained wide acceptance among scientists and practitioners [12]. The CVaR mean method, in contrast to the mean deviation model, requires a full set of profit scenarios.

Let r_x be a random variable, which represents portfolio income x for a certain period, $A \in (0,1)$ is the percentage of the “worst cases” of the results for r_x (usually $A = 1\%$, $A = 5\%$, $A = 10\%$).

The determination of CVaR at the indicated level A is a mathematical analogue of the concept of “average value of losses in the worst cases”. More formally, CVaR at level A of r_x is defined as minus the average value of the A -tail of r_x distribution, where the A -tail distribution is obtained by taking the lower part of the r_x distribution (corresponds to extremely unfavorable results) and scaling it to the range $[0, 1]$. The A -tail distribution of r_x only considers losses above VaR.

An important result is that CVaR can be calculated and optimized by solving convex optimization problems [13]. For this, an auxiliary function $F: X \times \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$ is used, where X is the set of possible portfolios.

$$F_A(x, v) = \frac{1}{A} E[-r_x + v]^+ - v, \quad (1.15)$$

where $[u]^+ = u$ if $u \geq 0$, otherwise $[u]^+ = 0$. It was proved that minimizing CVaR over X can be realized by minimizing F_A over X .

When the income of a random asset is represented as a random discrete variable through scenarios, the optimization problem through CVaR can be formulated as a linear programming task:

$$\begin{aligned} \min & \left(v + \frac{1}{A} \sum_{k=1}^S P_k y_k \right), \\ & v - \sum_{j=1}^N r_k^j x_j \leq y_k, \forall k \in \{1, \dots, S\}, \\ & y_k \geq 0, \forall k \in \{1, \dots, S\}, \\ & \sum_{j=1}^N \mu_j x_j \geq d; x \in X, \end{aligned} \quad (2.16)$$

where S is the number of scenarios,

N - the number of assets

P_k - the probability of occurrence of the k -th scenario, $k = 1, \dots, S$,

r_k - income from asset j in the scenario k , $j = 1, \dots, N$,

μ_j - the expected return on asset j ,

d is the desired expected portfolio return.

Here P_k and r_k^j can be obtained from scenario generation or sampling of historical data, μ_j it is estimated before optimization. The parameter d is determined by the investor. Without imposing a final restriction on the expected return on the portfolio, we get the minimum CVaR portfolio.

Variables used in the model:

x_j - the share of portfolio assets invested in asset j ,

v - the A -quantile of the distribution of portfolio returns,

y_k - the value of the negative deviations of portfolio income relative to the A -quantile for each scenario k .

3. Practice module

3.1. Historical data and input parameters

The following shares was taken as historical data - Gazprom, Sberbank and VTB for the period from 01/01/2016 to 01/01/2018. In model this data was used to calculate returns. The algorithm of the method was programmed in the MATLAB. A complete listing of the code can be seen in Appendix 1.

The input parameters of algorithm are:

- mean vector μ ,
- covariation matrix Σ ,
- the third averaged moment $\bar{\xi}$,
- the fourth averaged moment $\bar{\kappa}$.

Based on historical data, these values were calculated and had the following form:

$$\begin{aligned}\mu &= (0.0016, 0.0058, 0.0018), \\ \Sigma &= \begin{pmatrix} 0.0016 & 0.0013 & 0.0011 \\ 0.0013 & 0.003 & 0.0017 \\ 0.0011 & 0.0017 & 0.0028 \end{pmatrix} \\ \bar{\xi} &= 0.000061 \\ \bar{\kappa} &= 0.000055 \\ \rho &= 0.6\end{aligned}\tag{3.1}$$

Also, as input parameter the number of scenarios was taken as $s = 10$.
Parameter $n = 3$.

3.2. Calculation of parameters Z and L

At the first stage of algorithm process it was needed to determine calculation methods for vector Z and matrix L.

Vector Z can be defined in 2 ways:

- as $Z = \rho \sqrt{\text{diag}(\Sigma)}$,

- from expression $(\Sigma - ZZ^T) v^j = \begin{cases} \lambda_j v^j, & j \neq l \\ \lambda_l (1 - \rho^2) v^l, & j = l \end{cases}$

In original work [9] it was shown that definition of vector Z in the first way could work appropriate only if matrix Σ was positive and the value of scalar ρ was chosen rather small. Relying on these 2 points it was decided to calculate vector Z in the second way.

$$Z = (0.021, 0.034, 0.032).$$

Matrix L could be calculated in next 3 ways:

1. as symmetrical matrix $L = \sqrt{\Sigma - ZZ^T}$,
2. как positive definite matrix from the following condition $\Sigma = LL^T + ZZ^T, eigenvalues(L) > 0$,
3. as Cholesky decomposition.

It was decided to consider the work of the algorithm for all three cases of calculating the matrix L .

3.3. Algorithm calculation

3.3.1. Matrix L as a symmetric matrix

Matrix L was obtained as follows:

0.0340	0.0240	0.0207
0.0240	0.0427	0.0247
0.0207	0.0247	0.0423

Pic. 3.1 Symmetrical matrix L

Next, it was needed to verify condition (2.7). Fail in checking this one would mean that the parameter w , which should be calculated further, may have non-positive values. If condition (2.7) is not fulfilled, it would be necessary to reconsider the methods for finding Z and L .

The condition passed the test for the chosen dataset.

```

C1=n*m4/sum(Z.^4) - (n*m3/sum(Z.^3))^2;

C2=1+(n*sum(L1.^4, 'all')/sum(Z.^4))+2*sqrt(n*sum(L1.^4, 'all')/sum(Z.^4));

if (C1>C2)
    check1=1;
else
    check1=0;
end

```

Pic. 3.2 Condition code

```

check1 =

    1

C1 =

    56.5055

C2 =

    18.7796

```

Pic. 3.3 Result of condition's calculation

In the third step, the values of the variables A and B were determined using formulas (2.5), the weighted probabilities p_k^* (pp) and p_{s+1}^* (p1) were found as stationary points of the problem (2.6). The parameter ν_k (nu) is the optimal value of the stationary points.

The following values were obtained:

```

A =

    56.5055

B =

    0.0096

pp =

    0.0053

nu =

    26.1543

p1 =

    0.6803

```

Pic. 3.4 Calculated parameters.

Next, we introduce a vector of random uniformly distributed numbers $u_k \in U(0,1), k \in (1, s/2)$ and calculate the vector of constants according to the formula (2.12). Then we recalculate weighted probabilities $p_k = p^* + \varepsilon_k$ for $k = 1, \dots, s/2$, $p_k = p^* - \varepsilon_k$ for $k = s/2 + 1, \dots, s$ and $p_{s+1} = p^*_{s+1}$.

	1
1	0.0067
2	0.0060
3	0.0072
4	0.0067
5	0.0078
6	0.0040
7	0.0047
8	0.0035
9	0.0039
10	0.0029
11	0.6803

Pic. 3.5 Vector p_k .

Using formulas (2.3) and (2.4) determine the remaining model parameters:

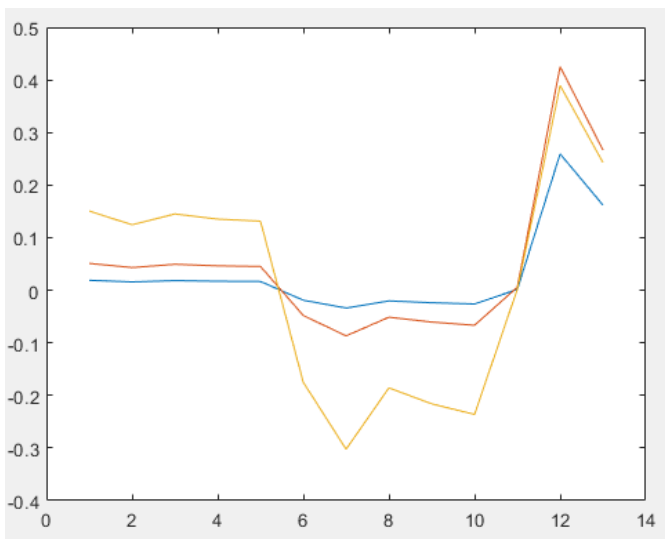
fi1	1.9868
fi2	41.0347
alpha	7.1638
beta	5.1770
w0	0.9730
w1	0.0113
w2	0.0157

Pic. 3.6 Parameters of model

At the last step the scenarios and their probabilities were calculated using the algorithm (2.13) and (2.14).

	1	2	3
1	0.0608	0.0763	0.1227
2	0.0602	0.0756	0.1214
3	0.0541	0.0684	0.1090
4	0.0497	0.0631	0.1000
5	0.0523	0.0661	0.1052
6	-0.0674	-0.0763	-0.1390
7	-0.0684	-0.0776	-0.1411
8	-0.0851	-0.0975	-0.1753
9	-0.1242	-0.1440	-0.2549
10	-0.0957	-0.1101	-0.1968
11	0.0016	0.0058	0.0018
12	0.1848	0.3040	0.2775
13	0.1340	0.2213	0.2010

Pic. 3.7 Scenario matrix



Pic. 3.8 Plot of scenarios

	1
1	0.0081
2	0.0065
3	0.0076
4	0.0068
5	0.0065
6	0.0026
7	0.0041
8	0.0030
9	0.0039
10	0.0041
11	0.6619
12	0.0077
13	0.0107

Pic. 3.9 Probability vector

3.3.2. Matrix L as a positive definite matrix

Matrix L was obtained as follows:

0.0360	0.0073	0.0054
0.0140	0.0440	0.0140
0.0120	0.0067	0.0460

Pic. 3.10 Positive definite matrix L

Next calculations are similar to those that were made for the symmetric matrix L.


```

check1 =
    1

C1 =
    56.5055

C2 =
    19.3286

```

Pic. 3.11 Result of condition's calculation

```

A =
    56.5055

B =
    0.0098

pp =
    0.0054

nu =
    25.9241

p1 =
    0.6773

```

Pic. 3.12 Calculated parameters

```

fi1      1.9824
fi2     40.8628

alpha    7.1487

beta     5.1664

w0       0.9729
w1       0.0114
w2       0.0157

```

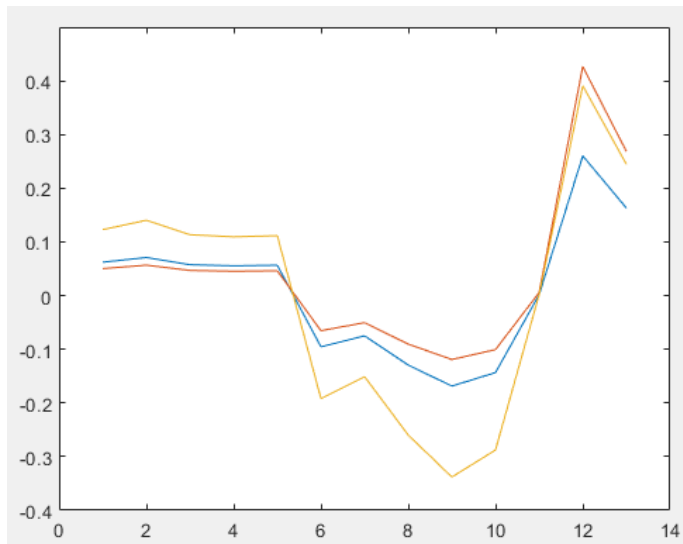
Pic. 3.14 Parameters of model

	1
1	0.0070
2	0.0097
3	0.0087
4	0.0073
5	0.0091
6	0.0037
7	0.0010
8	0.0021
9	0.0034
10	0.0017
11	0.6773

Рис. 3.13 Vector p_k .

	1	2	3
1	0.0159	0.0432	0.1246
2	0.0138	0.0376	0.1062
3	0.0144	0.0394	0.1121
4	0.0156	0.0423	0.1219
5	0.0142	0.0386	0.1096
6	-0.0180	-0.0454	-0.1664
7	-0.0355	-0.0913	-0.3171
8	-0.0248	-0.0631	-0.2246
9	-0.0189	-0.0478	-0.1742
10	-0.0278	-0.0711	-0.2508
11	0.0016	0.0058	0.0018
12	0.1849	0.3040	0.2775
13	0.1340	0.2213	0.2010

Pic. 3.15 Scenario matrix



Pic. 3.16 Plot of scenarios

	1
1	0.0070
2	0.0097
3	0.0087
4	0.0073
5	0.0091
6	0.0037
7	0.0010
8	0.0021
9	0.0034
10	0.0017
11	0.6590
12	0.0077
13	0.0106

Рис. 3.17 Probability vector

3.3.3. Matrix L as Cholesky decomposition

Matrix L was obtained as follows:

0.0340	0.0169	0.0127
0	0.0392	0.0101
0	0	0.0391

Pic. 3.18 Matrix L through Cholesky decomposition

Next calculations are similar to those that were made for the symmetric matrix L.

```

check1 =
    1

C1 =
    56.5055

C2 =
    13.4092

```

Pic. 3.19 Result of condition's calculation.

A =
56.5055

B =
0.0077

pp =
0.0048

nu =
28.8349

p1 =
0.7144

Pic. 3.20 Calculated parameters.

	1
1	0.0068
2	0.0070
3	0.0077
4	0.0059
5	0.0063
6	0.0028
7	0.0026
8	0.0018
9	0.0037
10	0.0032
11	0.7144

Pic. 3.21 Vector p_k .

fi1 2.0358
fi2 43.4189

alpha 7.3670

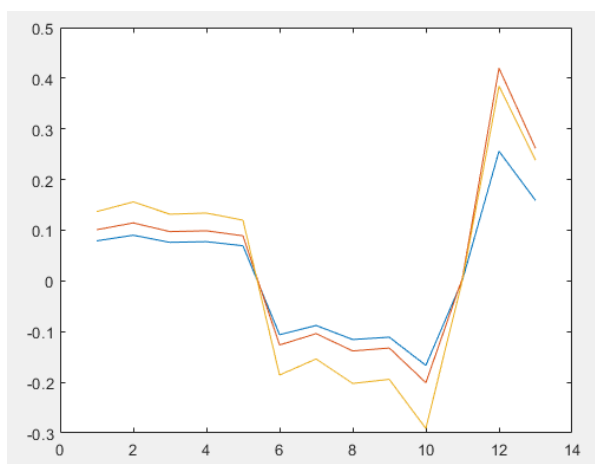
beta 5.3311

w0 0.9745
w1 0.0107
w2 0.0148

Pic. 3.22 Parameters of model

	1	2	3
1	0.0360	0.0333	0.1081
2	0.0355	0.0329	0.1066
3	0.0338	0.0315	0.1013
4	0.0386	0.0353	0.1161
5	0.0373	0.0342	0.1119
6	-0.0524	-0.0373	-0.1649
7	-0.0545	-0.0389	-0.1714
8	-0.0654	-0.0476	-0.2051
9	-0.0451	-0.0315	-0.1426
10	-0.0483	-0.0341	-0.1525
11	0.0016	0.0058	0.0018
12	0.1855	0.3051	0.2784
13	0.1347	0.2224	0.2020

Pic. 3.23 Scenario matrix



Pic. 3.24 Plot of scenarios

	1
1	0.0068
2	0.0070
3	0.0077
4	0.0059
5	0.0063
6	0.0028
7	0.0026
8	0.0018
9	0.0037
10	0.0032
11	0.6962
12	0.0076
13	0.0106

Pic. 3.25 Probability vector

3.4. The influence of the Monte Carlo method on the resulting scenarios

According to the obtained sets of scenarios, it can be seen, especially in the graphical representation, that the scenarios are abrupt. In order to smooth the result, it was decided to apply the Monte Carlo method.

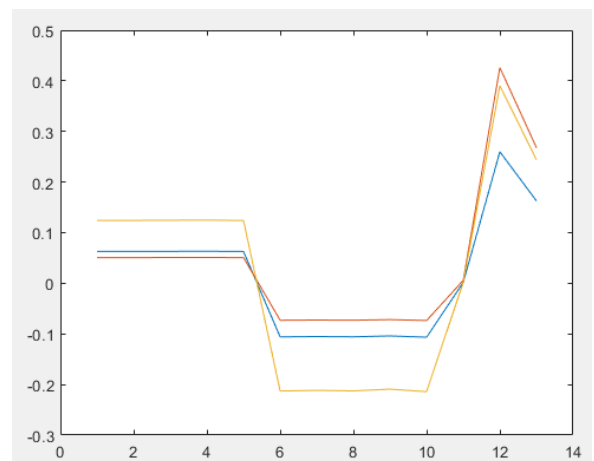
The influence of the method on the result is easy to show using an example of an algorithm that uses the Cholesky decomposition as a matrix L.

The number of iterations was set equal to 1000, the iteration process was launched immediately before the introduction of a random variable.

After going through all the steps of the algorithm, similar to ones that are described in paragraphs 3.3.1.-3.3.3., the final matrix of scenarios and its graph had the following form:

	1	2	3
1	0.0629	0.0508	0.1243
2	0.0628	0.0507	0.1239
3	0.0629	0.0508	0.1241
4	0.0625	0.0505	0.1235
5	0.0630	0.0509	0.1244
6	-0.1060	-0.0732	-0.2131
7	-0.1068	-0.0738	-0.2146
8	-0.1066	-0.0736	-0.2143
9	-0.1074	-0.0742	-0.2158
10	-0.1055	-0.0728	-0.2120
11	0.0016	0.0058	0.0018
12	0.2599	0.4262	0.3904
13	0.1627	0.2679	0.2441

Pic. 3.26 Scenario matrix



Pic. 3.27 Plot of scenarios

4. Социальная ответственность

Охрана труда — это система законодательных, социально-экономических, организационных, технологических, гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий и средств, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе труда. Правила по охране труда и техники безопасности вводятся в целях предупреждения несчастных случаев, обеспечения безопасных условий труда работающих и являются обязательными для исполнения рабочими, руководящими, инженерно-техническими работниками.

Данная работа была проведена за компьютером, или персональной электронной вычислительной машиной (ПЭВМ). Поэтому в рамках текущего раздела будут рассмотрены соответствующие вопросы, связанные со следующими компонентами охраны труда:

- выявление и изучение вредных и опасных производственных факторов при работе с ПЭВМ;
- региональная безопасность;
- безопасность в чрезвычайных ситуациях;
- охрана окружающей среды;
- правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности;

4.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

4.1.1. Специальные правовые нормы трудового законодательства

Основные положения по охране труда изложены в Трудовом кодексе Российской Федерации [32]. В этом документе указано, что охрана здоровья трудящихся, обеспечение безопасных условий труда, ликвидация профессиональных заболеваний и производственного травматизма являются одной из главных забот государства.

Согласно Трудовому кодексу Российской Федерации, каждый работник имеет право на:

- рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда;

- обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний;
- получение достоверной информации от работодателя, соответствующих государственных органов и общественных организаций об условиях и охране труда на рабочем месте, о существующем риске повреждения здоровья, а также о мерах по защите от воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов;
- отказ от выполнения работ в случае возникновения опасности для его жизни и здоровья вследствие нарушения требований охраны труда;
- обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя;
- обучение безопасным методам и приемам труда за счет средств работодателя;
- личное участие или участие через своих представителей в рассмотрении вопросов, связанных с обеспечением безопасных условий труда на его рабочем месте, и в расследовании происшедшего с ним несчастного случая на производстве или профессионального заболевания;
- внеочередной медицинский осмотр в соответствии с медицинскими рекомендациями с сохранением за ним места работы (должности) и среднего заработка во время прохождения указанного медицинского осмотра;
- гарантии и компенсации, установленные в соответствии с настоящим Кодексом, коллективным договором, соглашением, локальным нормативным актом, трудовым договором, если он занят на работах с вредными и (или) опасными условиями труда.

В трудовом кодексе Российской Федерации говорится, что нормальная продолжительность рабочего времени не может превышать 40 часов в неделю, работодатель обязан вести учет времени, отработанного каждым работником.

4.1.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Выпускная квалификационная работа студента выполнялась в десятом корпусе ТПУ в отделении экспериментальной физики. Рабочее место находится на четвертом этаже здания в кабинете 427. и представляет собой комнату длиной – 5 м., шириной – 4 м. и высотой – 3 м. Естественное освещение кабинета осуществляется посредством одного окна размерами 2,2 м. х 1,5 м. Дверь – металлическая, одностворчатая, серого цвета. Высота двери – 2 м., ширина - 1 м. Стены комнаты окрашены водоэмульсионной краской бежевого цвета. Потолок подвесной, плиточный. Пол покрыт линолеумом. Площадь кабинета составляет 20 м², объем – 60 м³.

Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [34], норма площади рабочего места с персональным компьютером составляет 4,5 м². В рассматриваемой аудитории установлено 4 рабочих места с персональными компьютерами и жидкокристаллическими экранами. Соответственно, на одного человека приходится 5 м², что соответствует вышеуказанным требованиям.

4.2.Производственная безопасность

Так как выполнение данной ВКР подразумевает под собой работу с математическими моделями в программных средствах, можно сделать вывод, что эта работа не может создать вредных и опасных факторов.

Рассмотрим вредные и опасные факторы, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований.

Согласно номенклатуре, опасные и вредные факторы по ГОСТ 12.0.003-2015[35] делятся на следующие группы: физические; химические; психофизиологические; биологические. Перечень опасных и вредных факторов, влияющих на персонал в заданных условиях деятельности, представлен в табл. 4.1.

Эти факторы могут влиять на состояние здоровья, привести к травмоопасной или аварийной ситуации, поэтому следует установить эффективный контроль за соблюдением норм и требований, предъявленных к их параметрам.

Таблица 4.1 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Отладка	Тестирование	
Повышенный уровень электромагнитного излучения	+	+	+	СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы». [3]
Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+	+	СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий.[5] СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение.[6]
Превышение уровня шума	+	+	+	СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки. [7]
Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. [2]
Поражение электрическим током	+	+	+	ГОСТ 12.1.038- 82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов. [8]

При проведении работ, связанных с теоретическим исследованием, важную роль играет планировка рабочего места. Она должна соответствовать правилам охраны труда и удовлетворять требованиям удобства выполнения работы, экономии энергии и времени инженера.

Основным документом, определяющим условия труда на персональных ЭВМ, являются «Гигиенические требования к персональным Разработке Отладка Тестирование электронно-вычислительным машинам и организации работы». Санитарные нормы и правила СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03, которые были введены 30 июня 2003 года.

4.2.1. Недостаточная освещенность рабочей зоны

Рабочее (общее) освещение – это основное освещение, обеспечивающее нормальные условия для нахождения человека в помещении. Под нормальными понимаются условия жизнедеятельности человека, при которых он не напрягает зрение, чтобы выполнить любое действие, для которого данное помещение предназначено.

Освещение в недостаточной степени может привести к напряжению зрения, ослаблению внимания и наступлению преждевременной утомленности. Слепление, резь в глазах и раздражение могут быть вызваны чрезмерно ярким освещением. Свет на месте труда может создать сильные тени или отблески, а также дезориентировать работающего.

Свет является естественным условием жизни человека. Правильно спроектированное и выполненное освещение обеспечивает высокий уровень работоспособности, оказывает положительное психологическое действие на человека и способствует повышению производительности труда. На рабочей поверхности должны отсутствовать резкие тени, которые создают неравномерное распределение поверхностей с различной яркостью в поле зрения, искажает размеры и формы объектов различия, в результате повышается утомляемость и снижается производительность труда.

Существует три вида освещения: естественное – за счёт солнечного излучения, искусственное – за счёт источников искусственного света и совмещенное – освещение, включающее в себя как естественное, так и искусственное освещения.

По нормативу [34] освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300-500 лк. Освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана. Освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 лк.

Яркость светильников общего освещения в зоне углов излучения от 50 до 90° с вертикалью в продольной и поперечной плоскостях должна составлять не более 200 кд/м, защитный угол светильников должен быть не менее 40°. Коэффициент запаса (Кз) для осветительных установок общего освещения должен приниматься равным 1,4. Коэффициент пульсации не должен превышать 5%.

4.2.2. Повышение уровня шума

Люди, которым приходится работать в условиях длительного шума, обычно имеют головные боли, раздражительность, сталкиваются со снижением памяти, повышенной утомляемостью, также у многих понижен аппетит, есть боли в ушах и т. д. Перечисленные факты снижают производительность, работоспособность человека, а также качество труда.

Шумовой фон помещения создают 4 одновременно работающих компьютеров. Также возникает шум, исходящий от принтера или телефонных аппаратов.

Во избежание негативных последствий от производственного шума, его необходимо регулировать в соответствие с нормами, которые указаны в ГОСТ 12.1.003-2014, СанПиН 2.2.4/2.4.1340-03.

Допустимые уровни звука и звукового давления для рабочего места программиста согласно вышеуказанному ГОСТу представлены в Табл. 4.2.

Таблица 4.2 Предельно допустимые уровни звука

Рабочее место	Уровни звука и звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Учебная аудитория	86	71	61	54	49	45	42	40	38

Т.е. допустимый уровень звукового давления колеблется от 38 дБ до 86 дБ при частоте от 8000 Гц до 31,5 Гц, соответственно.

4.2.3. Отклонение показателей микроклимата

Микроклимат производственных помещений – это климат внутренней среды помещений, который определяется действующими на организм человека сочетаниями температур воздуха и поверхностей, относительной влажности воздуха, скорости движения воздуха и интенсивности теплового излучения. Показатели микроклимата должны обеспечивать сохранение теплового баланса человека с окружающей средой и поддержание оптимального или допустимого теплового состояния организма.

Оптимальные микроклиматические при воздействии на человека в течение рабочей смены обеспечивают сохранение теплового состояния организма и не вызывают отклонений в состоянии здоровья. Допустимые микроклиматические условия могут приводить к незначительным дискомфортным тепловым ощущениям. Возможно временное (в течение рабочей смены) снижение работоспособности, без нарушения здоровья.

Нормы оптимальных и допустимых показателей микроклимата при работе с ЭВМ устанавливает СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03и [33]. Все категории работ разграничиваются на основе интенсивности энергозатрат организма в ккал/ч (Вт). Работа, производимая сидя и сопровождающаяся незначительным физическим напряжением, относится к категории Ia – работа с интенсивностью энергозатрат до 120 ккал/ч (до 139 Вт). Для данной категории допустимые нормы микроклимата представлены в таблице 4.3.

Если температура воздуха отличается от нормальной, то время пребывания в таком помещении должно быть ограничено в зависимости от категории тяжести работ.

Таблица 4.3

Допустимые величины показателей микроклимата

Сезон года	Категория тяжести выполняемых работ	Температура, С		Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/сек	
		Фактическое значение	Допустимое значение	Фактическое значение	Допустимое значение	Фактическое значение	Допустимое значение
Холодный	Ia	(22÷24)	(19÷24)	55	(15÷75)	0,1	≤0,1
Теплый	Ia	(23÷25)	(20÷28)	55	(15÷75)	0,1	≤0,2

Таблица 4.4

Рекомендуемое время работы при температуре воздуха ниже допустимых величин

Температура воздуха, °С	Время пребывания, не более, ч
17	6
18	7

Таблица 4.5

Рекомендуемое время работы при температуре воздуха выше допустимых величин

Температура воздуха, °С	Время пребывания, не более, ч
30,0	5
29,5	5,5
29,0	6

4.2.4. Повышенный уровень электромагнитного излучения

Электромагнитное излучение - распространяющееся в пространстве возмущение электрических и магнитных полей. Источниками электромагнитного излучения в данном исследовании являются мониторы и системный блок.

Нормы электромагнитных полей, создаваемых ПЭВМ приведены в табл. 6.6, в соответствии с [34].

Таблица 4.6

Допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПК

Наименование параметров		ВД У ЭМП
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	25 В/м
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	250 нТл
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	25 нТл
Электростатический потенциал экрана видеомонитора		500 В

4.2.5. Поражение электрическим током

Знание допустимых для человека значений тока и напряжения позволяет правильно оценить опасность поражения и определить требования к защитным мерам от поражения электрическим током.

ГОСТ 12.1.038-82 устанавливает предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов, протекающих через тело человека. Под напряжением прикосновения понимается напряжение между двумя точками цепи тока, которых одновременно касается человек. Нормы предназначены для проектирования способов и средств защиты от поражения электрическим током людей при их взаимодействии с электроустановками. Они соответствуют прохождению тока через тело человека по пути рука - рука или рука - ноги.

Стандарт предусматривает нормы для электроустановок при нормальном (неаварийном) режиме их работы, а также при аварийных режимах производственных и бытовых электроустановок.

Значения напряжения прикосновения и силы тока, протекающего через тело человека при нормальном (неаварийном) режиме работы электроустановки, не должны превышать значений, приведенных в табл. 4.7.

Предельно допустимые значения напряжения соприкосновения и силы тока

Род и частота тока	Наибольшие допустимые значение	
	Uпр, В	Ih, mA
Переменный, 50 Гц	2	0.3
Переменный, 400 Гц	3	0.4
Постоянный	8	1

Для лиц, выполняющих работу в условиях высокой температуры и влажности (относительная влажность больше 75%), эти нормы должны быть уменьшены в три раза.

4.3. Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов

4.3.1. Недостаточная освещенность рабочей зоны

Рабочие столы следует размещать таким образом, чтобы видеодисплейные терминалы были ориентированы боковой стороной к световым проемам, чтобы естественный свет падал преимущественно слева. Также как средство защиты для минимизации воздействия фактора следует установка местного освещения из-за недостаточной освещенности, оконные проемы должны быть оборудованы регулируемыми устройствами типа: жалюзи, занавесей, внешних козырьков и др.

Если помещение не соответствует вышеописанным нормам то это влечет за собой ухудшение здоровья рабочих и как следствие ухудшение рабочего процесса.

4.3.2. Повышенный уровень шума

В исследовательских аудиториях имеют место шумы различного рода, которые генерируются как внутренними, так и внешними источниками шумов. В рассматриваемом случае внутренними источниками шумов являются рабочее

оборудование, а именно персональный компьютер, вентиляционная система, а также компьютерная техника других студентов, находящихся в аудитории.

При возможном превышении ПДУ возможно заключение вентиляторов в защитный кожух и установление их внутри корпуса ЭВМ. Для снижения уровня шума стены и потолок помещений, где установлены компьютеры, могут быть облицованы звукопоглощающими материалами с максимальными коэффициентами звукопоглощения в области частот 63 - 8000 Гц. Звукопоглощающие облицовки по виду используемого звукопоглощающего материала имеют следующие конструкции: облицовки из жестких однородных пористых материалов; облицовки с перфорированным покрытием в защитных оболочках из ткани и пленки. В качестве пористых материалов применяют плиты минераловатные холсты из супертонкого стекловолокна, маты из супертонкого базальтового волокна, вспененные полимерные материалы и комбинированные.

4.3.3. Отклонение показателей микроклимата

В производственных помещениях, где допустимые нормативные величины микроклимата поддерживать не представляется возможным, необходимо проводить мероприятия по защите работников от возможного перегревания и охлаждения. Это достигается различными средствами: применением систем местного кондиционирования воздуха; использованием индивидуальных средств защиты от повышенной или пониженной температуры; регламентацией периодов работы в неблагоприятном микроклимате, и отдыха в помещении с микроклиматом, нормализующим тепловое состояние; сокращением рабочей смены и др.

Профилактика перегревания работников в нагревающем микроклимате включает следующие мероприятия: нормирование верхней границы внешней термической нагрузки на допустимом уровне применительно к 8-часовой рабочей смене; регламентация продолжительности воздействия нагревающей среды (непрерывно и за рабочую смену) для поддержания среднесменного

теплового состояния на оптимальном или допустимом уровне; использование специальных СКЗ и СИЗ, уменьшающих поступление тепла извне к поверхности тела человека и обеспечивающих допустимое тепловое состояние работников.

4.3.4. Повышенный уровень электромагнитного излучения

При возможном превышении ПДУ возможны следующие меры защиты: увеличение расстояния между источником ЭМИ и рабочей зоной, установка отражающих или поглощающих экранов, размещение в специальных оболочках токоведущих элементов аппаратов и устройств.

4.3.5. Поражение электрическим током

Степень опасного воздействия на человека электрического тока зависит от:

- рода и величины напряжения и тока;
- частоты электрического тока;
- пути прохождения тока через тело человека;
- продолжительности воздействия на организм человека;
- условий внешней среды.

Основными мероприятиями по защите от поражения электрическим током являются:

- обеспечение недоступности токоведущих частей путём использования изоляции в корпусах оборудования;
- применение средств коллективной защиты от поражения электрическим током;
- использование защитного заземления, защитного зануления, защитного отключения [40];
- использование устройств бесперебойного питания.

Технические способы и средства применяют отдельно или в сочетании друг с другом так, чтобы обеспечивалась оптимальная защита.

Организационными мероприятиями по электробезопасности являются периодические и внеплановые инструктажи. Периодический инструктаж

проводится всему неэлектротехническому персоналу, выполняющему следующие работы: включение и отключение электроприборов, уборка помещений вблизи электрощитов, розеток и выключателей и т. д. Весь неэлектротехнический персонал должен быть аттестован на первую квалификационную группу по электробезопасности. Периодический инструктаж проводится не менее одного раза в год.

Внеплановый инструктаж проводится руководителем подразделения при введении в эксплуатацию нового технического электрооборудования.

4.4. Экологическая безопасность

4.4.1. Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

Исходя из тематики ВКР можно сделать вывод, что данное исследование особого влияния на окружающую среду не оказывает. Взаимодействие в случае данной работы происходит лишь с программным продуктом, который далее так и остается в виде программного кода или приложения, не привязанного ни к каким потенциально опасным системам.

4.4.2. Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду

Процесс исследования также не оказывает существенного влияния на состояние окружающей среды, т. к. исследование производится в учебной аудитории без применения природных ресурсов.

Основными отходами являются черновики бумаги и отработавшие люминесцентные лампы. Так как черновики могут содержать конфиденциальную информацию, то их нарезают на мелкие кусочки, упаковывают и отправляют на утилизацию. Люминесцентные лампы упаковывают в герметичную тару и отправляют на предприятие, утилизирующее ртутьсодержащие отходы [41].

Воздействие на литосферу предусматривает под собой утилизацию электронной техники: компьютеров, сканеров и т.п. Утилизация такого оборудования является достаточно сложной, так как они имеют сложную структуру. Непосредственная переработка большей части компонентов

включает в себя их сортировку, последующую гомогенизацию и отправку для повторного использования, т.е. с предварительным помолом или переплавкой.

4.4.3. Обоснование мероприятий по защите окружающей среды

Снижение загрязнения возможно за счёт совершенствования оборудования, производящего электроэнергию, применения более экономичных и результативных технологий, использования новых методов получения электроэнергии и внедрения современных методов и способов очистки и обезвреживания отходов производства. Кроме того, эта проблема должна решаться и за счёт эффективного и экономного использования электроэнергии самими потребителями. Это использование более экономичного оборудования, а также эффективного режима загрузки этого оборудования. Сюда также включается и соблюдение производственной дисциплины в рамках правильного использования электроэнергии.

Из этого можно сделать простой вывод, что необходимо стремиться к снижению энергопотребления, то есть разрабатывать и внедрять системы с малым энергопотреблением.

В современных компьютерах повсеместно используются режимы с пониженным потреблением электроэнергии при длительном простое.

4.5. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

4.5.1. Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований

Одними из наиболее вероятных и разрушительных видов чрезвычайных ситуаций являются пожар или взрыв на рабочем месте. Пожар может возникнуть вследствие причин неэлектрического и электрического характера.

К причинам неэлектрического характера относятся халатное и неосторожное обращение с огнём (курение, оставление без присмотра нагревательных приборов).

К причинам электрического характера относятся:

- короткое замыкание;
- перегрузка проводов;
- искрение;
- статическое электричество.

Режим короткого замыкания – появление в результате резкого возрастания силы тока, электрических искр, частиц расплавленного металла, электрической дуги, открытого огня, воспламенившейся изоляции.

Причины возникновения короткого замыкания:

- ошибки при проектировании;
- старение изоляции;
- увлажнение изоляции;
- механические перегрузки.

Пожарная опасность при перегрузках – чрезмерное нагревание отдельных элементов, которое может происходить при ошибках проектирования в случае длительного прохождения тока, превышающего номинальное значение.

4.5.2. Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС

Всякий работник при обнаружении пожара должен [43]:

- незамедлительно сообщить об этом в пожарную охрану;
- принять меры по эвакуации людей, каких-либо материальных ценностей согласно плану эвакуации;
- отключить электроэнергию, приступить к тушению пожара первичными средствами пожаротушения.

При возникновении пожара должна сработать система пожаротушения, передав на пункт пожарной станции сигнал о ЧС. В случае если система не сработала, то необходимо самостоятельно произвести вызов пожарной службы

по телефону 101, сообщить точный адрес места возникновения ЧС и ожидать приезда специалистов.

Для тушения пожаров в рабочей зоне необходимо применять углекислотные (ОУ-5 или ОУ-10) и порошковые огнетушители (ОП-10), которые обладают высокой скоростью тушения, большим временем действия, возможностью тушения электроустановок, высокой эффективностью борьбы с огнём.

Рабочее помещение должно быть оборудовано пожарными извещателями, которые позволяют оповестить дежурный персонал о пожаре. Выведение людей из зоны пожара должно производиться по плану эвакуации.

Рабочее место располагается в 10 корпусе ТПУ 427(А) аудитория. План эвакуации четвертого этажа 10 корпуса представлен на Рис.4.1.



Рисунок 4.1 – План пожарной эвакуации

4.6. Заключение по разделу

В ходе рассмотрения безопасности и охраны труда при осуществлении работ на ПЭВМ, были выявлены вредные и опасные факторы рабочей зоны, причины их возникновения. К ним относятся отклонение микроклимата в помещении, недостаточная освещённость рабочей зоны, шум, электромагнитное излучение и поражение электрическим током. Все эти факторы при превышении установленных норм негативно влияют на здоровье человека, вызывая долгосрочные ухудшения его состояния или травмы.

В части «Экологическая безопасность» были рассмотрены возможные негативные последствия, влияющие на окружающую среду, в ходе рабочего процесса.

В качестве наиболее вероятной ЧС в заключительной части раздела была рассмотрена пожарная опасность. Для этой ЧС были разработаны организационные мероприятия по её предотвращению и устранению.

5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является оценка метода генерации «moment-matching» сценариев к оптимизации портфеля ценных бумаг с позиции конкурентоспособности и ресурсоэффективности.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Провести анализ конкурентных разработок.
2. Оценить состояния внутренней и внешней среды проекта.
3. Оценить готовность проекта к коммерциализации.
4. Спланировать этапы реализации проекта.
5. Рассчитать бюджет научно-технического исследования

5.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

5.1.1. Потенциальные потребители продукта

Исследование, проведённое в данной работе, имеет непосредственное отношение к области портфельного моделирования. Потенциальными потребителями её результатов могут быть как инвесторы, владеющие портфелем, так и банки и банковские организации. Также данными исследованиями могут воспользоваться государственные учреждения, интернет-ресурсы и другие связанные с финансами и портфельным анализом организации.

5.1.2. Анализ конкурентных технических решений

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное

исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Основными конкурентами являются организации, деятельность которых связана с использованием вычислительной техники и информационных технологий и последующим написанием программного обеспечения.

Конкурентами реализованного программного продукта могут выступать модели формирования портфелей, основанные на других методах.

Чаще всего для генерации сценариев, применяемых при оптимизации портфеля, используются модель Марковица (к1) и модель Шарпа (к2).

Таблица 5.1

Анализ конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес	Баллы			Конкурентоспособность		
	критерия	Бф	Бк1	Бк2	Кф	Кк1	Кк2
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Скорость расчёта	0,25	5	3	4	1,25	0,75	1
2. Удобство использования выбранной модели	0,15	4	5	3	0,6	0,75	0,45
3. Простота понимания модели	0,15	4	4	4	0,6	0,6	0,6
4. Потребность в ресурсах памяти	0,2	4	5	4	0,8	1	0,8
5. Адаптивность метода	0,15	5	3	3	0,75	0,45	0,45
6. Распространённость на рынке	0,1	3	5	4	0,3	0,5	0,4
Итого	1	25	25	22	4,3	4,05	3,7

Выбор технических критериев оценки ресурсоэффективности обусловлен ожиданиями эффективности полученных результатов и минимизации затрат по их получению. Желаемым результатом является высокая скорость расчетов, низкая потребность в ресурсах памяти и возможность применения одного метода в разных областях.

По результатам сравнения конкурентных решений можно сказать, что реализуемый проект не уступает в ресурсоэффективности методу Марковица (K1) и превосходит метод Шарпа (K2).

5.1.3. SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Описание сильных и слабых сторон проекта, выявление возможностей и угроз – результаты данного анализа представлены в Приложении 2.

Интерактивная матрица проекта представлена в табл.5. 2:

Таблица 5.2

Интерактивная матрица проекта (сильные стороны)

	C1	C2
B1	+	-
B2	0	+
Y1	+	-
Y2	+	+

Таким образом, можно сделать вывод, что проект необходимо развивать, опираясь на преимущество в вычислительных мощностях, которое позволяет охватывать больший сегмент заинтересованной аудитории и использовать меньшее количество программных утилит.

5.1.4. Оценка готовности проекта к коммерциализации

Для данной работы проведён анализ степени проработанности проекта с позиции коммерциализации. Данный анализ приведён в таблице 7.3 с

оценками степени готовности научного проекта в коммерческом отношении. Каждый показатель анализа был оценён по пятибалльной шкале. Оценки степени проработанности научного проекта трактуются следующим образом:

- 1 – не проработано;
- 2 – проработано слабо;
- 3 – выполнено, но качество под сомнением;
- 4 – выполнено качественно;
- 5 – имеется положительное заключение независимого эксперта.

Оценка уровня имеющихся знаний у разработчика определяется в соответствии со следующей системой баллов:

- 1 – не знаком или знаком мало;
- 2 – знаком с теорией;
- 3 – знаком с теорией и практическими примерами применения;
- 4 – знаком с теорией и самостоятельно выполняет;
- 5 – знаком с теорией, выполняет, может консультировать.

Итоговая оценка B определяется как сумма всех оценок B_i по каждому показателю:

$$B = \sum_i B_i$$

Таблица 5.3 - Оценка готовности научного проекта к коммерциализации

Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень знаний у разработчика
Определён имеющийся научно-технический задел	5	5
Определены перспективные направления коммерциализации	5	5

Определены отрасли и технологии для предложения на рынке	5	5
Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	3	2
Определены авторы и осуществлена охрана их прав	5	4
Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	1	1
Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	3	2
Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	1	1
Определены пути продвижения разработки на рынок	1	1
Разработана стратегия реализации научной разработки	4	4
Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	1	1
Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	1	1
Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	1	1
Имеется команда для коммерциализации разработки	1	1
Проработан механизм реализации научного проекта	1	1
ИТОГО	38	35

Полученные суммарные значения соответствуют средней перспективности проекта на коммерциализацию. Поэтому целесообразно в качестве метода коммерциализации выбрать передачу интеллектуальной собственности третьему лицу на коммерческих условиях.

5.2. Планирование научно-исследовательских работ

5.2.1. Структура работ в рамках научного исследования

Перечень этапов работы над исследованием приведён в табл. 5.4:

Таблица 5.4

Календарный план проекта

№	Этап	Длительность, раб. дни	Дата начала	Дата окончания	Состав участников
1	Составление и утверждение научного задания	5	01.04.2019	06.04.2019	Руководитель
2	Календарное планирование по теме	6	43562	43568	Руководитель
3	Подбор и изучение материалов по теме	14	14.04.2019	28.04.2019	Руководитель, исполнитель
4	Выбор направления исследований	10	29.04.2019	09.05.2019	Руководитель, исполнитель
5	Выбор исходных данных	4	10.05.2019	14.05.2019	Исполнитель
6	Разработка методологии	62	15.05.2019	16.07.2019	Руководитель, исполнитель
7	Написание программного кода	70	17.07.2019	25.09.2019	Исполнитель
8	Тестирование и модификация программного кода	144	26.09.2019	17.02.2020	Исполнитель
9	Составление пояснительной записки к ВКР	62	18.02.2020	20.04.2020	Исполнитель
Итого			377		

Итого получаем, что суммарное время на разработку проекта силами Исполнителя и Руководителя составляет 377 дней.

5.2.2. Определение трудоемкости выполнения работ

Оценим трудоемкость выполнения вышеозначенных работ. Для этого оценим минимальное и максимальное время выполнения каждой. Также произведем расчет ожидаемого значения трудоемкости по следующей формуле:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{мин}i} + 2t_{\text{макс}i}}{5},$$

где $t_{\text{ож}i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

$t_{\text{мин}i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\text{макс}i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Рассчитаем значение ожидаемой трудоемкости работ.

Установление длительности работ в рабочих днях осуществляется по формуле:

$$t_{\text{pi}} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i},$$

где t_{pi} – трудоемкость работы, человеко-дни;

$Ч_i$ - численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

При выполнении дипломных работ студенты в основном становятся участниками сравнительно небольших по объему научных тем. Поэтому наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта, которая представляет собой ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} * K_{\text{кал}}$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения работы в рабочих днях;

$K_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности, предназначен для перевода рабочего времени в календарное.

Коэффициент календарности определяется по формуле:

$$K_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{пр}} - T_{\text{вых}}}$$

где $T_{\text{кал}}$, $T_{\text{пр}}$, $T_{\text{вых}}$ - число календарных, праздничных и выходных дней в году, соответственно.

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе необходимо округлить до целого числа.

Вычислим коэффициент календарности:

$$K_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{пр}} - T_{\text{вых}}} = \frac{365}{365 - 14 - 52} = 1,22$$

Таблица 5.5

Временные показатели осуществления комплекса работ

№ работ	Продолжительность работ			Исполнители	t _{pi} , человеко- дни	t _{ki} , человеко- дни
	t _{min i} , человеко- дни	t _{max i} , человеко- дни	t _{ож i} , человеко- дни			
1	3	6	4	Р	4	5
2	4	6	5	Р	5	6
3	11	12	11	Р, И	6 6	7 7
4	7	10	8	Р, И	4 4	5 5
5	2	5	3	И	3	4
6	45	60	51	Р, И	25 25	31 31
7	54	62	57	И	57	70
8	113	126	118	И	118	144
9	48	55	51	И	51	62
ИТОГО					35 273	43 333

Диаграмма Гантта

№ этапа	Содержание этапа	Исполнитель	tki, дни	Продолжительность выполнения работ, дни															
				2019										2020					
				Май	Июнь	Июль	Авг.	Сент.	Окт.	Нояб.	Дек.	Янв.	Фев.	Март	Апр.				
				20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
1	Составление и утверждение научного задания	Р	5	■															
2	Календарное планирование по теме	Р	6	■															
3	Подбор и изучение материалов по теме	Р, И	7		■	■													
4	Выбор направления исследований	Р, И	5			■	■												
5	Выбор исходных данных	И	4				■												
6	Разработка методологии	Р, И	31				■	■											
7	Написание программного кода	И	70																
8	Тестирование и модификация программного кода	И	144																
9	Составление пояснительной записки к ВКР	И	62																

Руководитель ■, Исполнитель ■.

5.3. Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением.

В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);

5.3.1. Затраты на материалы

Данная статья отражает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта, включая расходы на их приобретение и доставку. Транспортные расходы принимаются в пределах 3-5% от стоимости материалов. В материальные затраты, помимо вышеуказанных, включаются дополнительно затраты на канцелярские принадлежности, диски, картриджи и т.п. Однако их учет ведется в данной статье только в том случае, если в научной организации их не включают в расходы на использование оборудования или накладные расходы. Расчет затрат на материалы производится по форме, приведенной в таблице 5.7.

Таблица 5.7

Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы (Зм), руб.
Бумага	Пачка	1	250	250
Картридж для принтера	Шт	1	2500	2500
Канцелярские принадлежности	Шт	1	300	300
Итого				3050

5.3.2. Затраты электроэнергии

Возьмем среднее энергопотребление компьютером за час работы как $\mathcal{E} = 220$ Вт. В день время работы $t = 5$ часов, а тариф на электроэнергию $k = 5,8$. Количество дней, потраченных на работу $N = 58$.

Тогда, рассчитаем затраты на электроэнергию как:

$$З = \frac{\mathcal{E} * k * t * N}{1000} = \frac{220 * 5 * 5,8 * 58}{1000} = 370 \text{ руб.}$$

Значит, материальные затраты теперь составляют $3050+370=3420$ руб.

5.3.3. Основная заработная плата

Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 – 30 % от тарифа или оклада.

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп}$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата; $З_{доп}$ – дополнительная заработная плата. Основная заработная плата ($З_{осн}$) руководителя (лаборанта, инженера)

от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} * T_p$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата одного работника; T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.; $З_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_m * M}{F_d}$$

где Z_M – месячный должностной оклад работника, руб.; F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

- при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя;
- при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_M = Z_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p,$$

где $Z_{тс}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3;

k_d – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5;

k_p – районный коэффициент, равный 1,3.

Таблица 5.8

Расчёт основной заработной платы

Исполнители	Оклад	$k_{пр}$	k_d	k_p	Z_M , руб	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель	35120	0,3	0,2	1,3	68484	2884	43	124012
Инженер	12000	0	0	1,3	15600	657	333	218781
ИТОГО								342793

5.3.4. Отчисления во внебюджетные фонды

Отчисления во внебюджетные фонды являются обязательными по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} * (Z_{осн})$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

В соответствии с Федеральным законом №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30,2%.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 5.9.

Таблица 5.9

Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнители	Основная ЗП, руб.	Дополнительная ЗП, руб.
Руководитель+инженер	124012	0
	218781	0
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,302	
ИТОГО:	103523	

5.3.5. Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{накл} = k_{нр} * (Z_{осн} + Z_{внеб} + Z_{мат})$$

где $k_{нр}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

$$Z_{накл} = 544785 * 0,16 = 71958 \text{ руб.}$$

5.3.6. Формирование бюджета затрат НИИ

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией

в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции. Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в таблице 5.10.

Таблица 5.10

Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты НТИ	3420
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	342793
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	0
4. Отчисления во внебюджетные фонды	103523
5. Накладные расходы	71958
6. Бюджет затрат НТИ	521694

5.3.7. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}$$

где $I_{финр}^{исп.i}$ – интегральный финансовый показатель разработки; Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения; Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги). За максимально возможную стоимость исполнения примем 100000 руб.

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

В нашем случае вариант исполнения научного исследования один. Поэтому интегральный финансовый показатель равен 1.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки; a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки; b_i^a, b_i^p – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания; n – число параметров сравнения.

$$I_p - исп1 = 5 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,25 = 4,3;$$

$$I_p - испmax = 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,25 = 5;$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{исп.i}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр}^{исп.1}}$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных.

Сравнительная эффективность проекта определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}}$$

Так как исследование выполнено в одном варианте исполнения, рассчитаем интегральный показатель эффективности относительно максимально возможного варианта. Сравнительная эффективность разработки представлена в таблице 5.11.

Таблица 5.11

Сравнительная эффективность разработки

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Оценка	Оценка макс.
Адекватность (статическая значимость)	0,2	5	5
Возможность применения любым Предприятием	0,1	3	5
Требует наличия исторических данных	0,2	5	5
Простота применения	0,25	4	5
Конкурентоспособность (с другими моделями)	0,25	4	5
ИТОГО	1	4,3	5

Таблица 5.12

Интегральный показатель ресурсоэффективности

Показатели	Исп. 1	Исп. max
Интегральный финансовый показатель разработки	0,44	1
Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,3	5
Интегральный показатель эффективности	9,77	
Сравнительный показатель эффективности	1,954	

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет понять и выбрать более эффективный вариант решения поставленной в магистерской работе технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

5.4. Выводы по главе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

- Определены потенциальные потребители результатов исследования - ими могут быть как инвесторы, владеющие портфелем, так и банки и банковские организации. Также данными исследованиями могут воспользоваться государственные учреждения, интернет-ресурсы и другие связанные с финансами и портфельным анализом организации.
- Анализ конкурентных разработок показал, что реализуемый проект не уступает в ресурсоэффективности своим основным конкурентам - методу Марковица и методу Шарпа, причем последний сильно превосходит.
- Оценка состояния внутренней и внешней среды проекта посредством составления SWOT-таблицы помогла определить вектор, в котором стоит развивать проект, а именно – делать упор на преимущество в вычислительных мощностях, которое позволяет охватывать больший сегмент заинтересованной аудитории и использовать меньшее количество программных утилит.
- Оценка готовности проекта к коммерциализации показала, что проект удовлетворяет средней перспективности на коммерциализацию и что целесообразно в качестве метода коммерциализации выбрать передачу интеллектуальной собственности третьему лицу на коммерческих условиях.
- Планирования этапов реализации проекта помогло четко распределить роли, степень вовлеченности и временные рамки, необходимые для успешного завершения проекта. Итого, рабочая группа была зафиксирована

в составе двух человек – Руководителя и Исполнителя. Время, отводимое на проработку проекта, составило 377 дней. На основе временных показателей по каждой из произведенных работ был построен календарный план-график, построенный на основе диаграммы Гантта, по которому можно увидеть, что самые продолжительные по времени работы – это тестирование и модификация программного кода (144 д.).

- Был рассчитан бюджет, необходимый для проведения исследования. Материальные затраты составили 3420 р., затраты на заработную плату – 342793 р., отчисления во внебюджетные фонды – 103523 р., накладные расходы 71958 р. Итого, общий бюджет составил 521694 р.
- Была рассчитана сравнительная эффективность разработки, она составила 4,3 из 5, а также интегральный показатель ресурсоэффективности, равный 9,77.

Conclusion

In this work a moment-matching method has been developed for constructing scenarios for a securities portfolio. The algorithm was applied to the historical data of Gazprom, Sberbank and VTB for the period from 01.01.2016 to 01.01.2018. MATLAB software was used as a programming environment.

The algorithm was implemented using three different methods for constructing the matrix L – symmetric, positive definite, and through Cholesky decomposition. Each of the methods gave a positive result for the selected historical data. The third method was chosen as the most effective one. Comparing the graphs of the obtained scenarios, we can see that the scenarios for all three assets were closer to each other while the third method was used. Moreover, as an advantage, we can take into account the fact that during Cholesky decomposition we get a triangular matrix that stores fewer values, which means it has a positive effect on the computing power of the program. It is important in works where large data arrays are used.

In addition, the influence of the Monte Carlo method on the scenario construction algorithm has been considered. Its application allowed us to smooth out the jumps in scenarios that arose due to a random variable $u_k \in U(0,1)$.

Also, in the "Financial Management" section, calculations of the effectiveness of this work, an analysis of the strengths and weaknesses and the possibilities of its development were made.

In the section "Social Responsibility", harmful and dangerous factors of the working area and possible threats to the environment were identified.

Список публикаций студента

1. Измestьева Ю.К. Применение алгоритма генерации moment-matching построения сценариев для портфеля ценных бумаг, Перспективы развития фундаментальных наук : сборник трудов XVII Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (Томск, 21–24 апреля 2020 г.) : в 7 томах. Т.3. Математика / под ред. И.А. Курзиной, Г.А. Вороновой. – Томск : Издательский Дом Томского государственного университета, 2020. с. 39-42

Список литературы

2. Ивасенко А.Г. Рынок ценных бумаг: инструменты и механизмы функционирования. - Москва : КНОРУС, 2017. – 272 с.

3. Буренин, А. Н. Дюрация и кривизна в управлении портфелем облигаций - М.: Научно-техническое общество имени академика С. И. Вавилова, 2015. - 150 с.

4. Скрипниченко М.В. Портфельные инвестиции: Учебное пособие. – Спб: Университет ИТМО. – 2016. – 40 с.

5. Юдин Д.Б. Задачи и методы стохастического программирования. 2-е издание. М.: УРСС, 2010. 392 с.

6. Willem K. Klein Haneveld. Stochastic Programming / Willem K. Klein Haneveld, Maarten H. van der Vlerk, Ward Romeijnders. Springer International Publishing, 2020. -249 p.

7. Кнопов П.С. Стохастическое программирование и его приложения / П.С. Кнопов, В.И. Зоркальцев, Я.М. Иванько и др. Иркутск: Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН, 2012. –493с.

8. Ревинская О.Г. Основы программирования в MatLab: учеб. пособие. – СПб.: БХВ-Петербург, 2016. – 208 с.

9. Sulaymon Eshkabilov. Beginning MATLAB and Simulink: From Novice to Professional. – Apress, 2019. -552 p.

10. Ponomareva, K. An algorithm for moment-matching scenario generation with application to financial portfolio optimisation / Ponomareva, K. , Roman, D. , & Date, P. Euro- pean Journal of Operational Research, 240 (3), 2015. 678–687
11. Juan Pablo Contreras. Comments on “An algorithm for moment-matching scenario generation with application to financial portfolio optimization” / Juan Pablo Contreras, Paul Bosch, Mauricio Herrera. Elsevier, Volume 269, Issue 3, 16 September 2018, 1180-1184
12. Виленский П.Л., Лившиц В.Н., Смоляк С.А. Оценка эффективности инвестиционных проектов: Теория и практика: Учебное пособие. М.: Поли Принт Сервис, 2015. 1300 с.
13. Дробыш И.И. Сравнительный анализ методов оценки рыночного риска, основанных на величине Value at Risk // Экономика и математические методы. 2016. № 4. С. 74–93.
14. Jakob Kisiala. Conditional Value-at-Risk: Theory and Applications. The university of Edinburgh, 2015. 96 p.
15. Bollerslev, T. (1986). Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity. Journal of Econometrics, 31.
16. Topaloglou, N., Vladimirov, H., & Zenios, S. A. (2002). CVaR models with selective hedging for international asset allocation. Journal of Banking and Finance, 26, 1535–1561.
17. Hochreiter, R., & Pflug, G. Ch. (2007). Financial scenario generation for stochastic multi-stage decision processes as facility location problems. Annals of Operations Research, 152, 257–272.
18. Pflug, G. C. (2001). Scenario tree generation for multiperiod financial optimization by optimal discretization. Mathematical Programming, 89, 251–271.
19. Erlwein, C., Mitra, G., & Roman, D. (2012). HMM based scenario generation for an investment optimisation problem. Annals of Operations Research, 193-1, 173–192.
- Fourer, R., Gay, D. M., & Kernighan, B. (1989). AMPL: A Mathematical Programming Language.

20. Messina, E., & Toscani, D. (2008). Hidden markov models for scenario generation. *IMA Journal of Management Mathematics*, 4, 379–401.
21. Roman, D., Mitra, G., & Spagnolo, N. (2010). Hidden markov models for financial optimization problems. *IMA Journal of Management Mathematics*, 21(2), 111–129.
22. Kaut, M., & Wallace, S. W. (2007). Evaluation of scenario generation methods for stochastic programming. *Pacific Journal of Optimization*, 3, 257–271.
23. Hoyland, K., & Wallace, S. W. (2001). Generating scenario trees for multistage decision problems. *Management Science*, 47, 295–307.
24. Hoyland, K., Kaut, M., & Wallace, S. W. (2003). A heuristic for moment matching scenario generation. *Computational Optimization and Applications*, 24, 169–185. Table A.4
25. Gulpinar, N., Rustem, B., & Settergren, R. (2004). Optimisation and simulation approaches to scenario tree generation. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 28, 1291–1315.
26. Smith, J. E. (1993). Moment methods for decision analysis. *Management Science*, 39, 340–358.
27. Lurie, P. M., & Goldberg, M. S. (1998). An approximate method for sampling correlated random variables from partially specified distributions. *Management Science*, 44, 203–218.
28. Савелова Т.И. Метод Монте-Карло: Учебное пособие. М.: НИЯУ МИФИ, 2011. – 152 с.
29. С. М. Ермаков. Метод Монте-Карло в вычислительной математике: Вводный курс. — СПб.: Невский Диалект; М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. — 192 с
30. С. М. Ермаков. Метод Монте-Карло и смежные вопросы. — М.: Главная редакция физико-математической литературы издательства «Наука», 1971 г. — 328 с.
31. Banachiewicz T. Principles d'une nouvelle technique de la méthode des moindres carrés. *Bull. Intern. Acad. Polon. Sci. A.*, 1938, 134-135.

32. Воеводин В.В. Вычислительные основы линейной алгебры. М.: Наука, 1977.
33. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197
34. СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиеническими требованиями к микроклимату производственных помещений»; утв. постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 13.06.2003 г.
35. СанПиН 2.2.2/2.4.1.1340-03. «Гигиеническими требованиями к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы»; утв. постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 15.06.2003 г.
36. ГОСТ 12.0.003-2015. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. М.: Стандартинформ, 2016.
37. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий.
38. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*
39. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки»; утв. постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 31.10.1996 г.
40. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.
41. ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
42. ГОСТ 12.1.007-76. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.– М.: ИПК Издательство стандартов, 1976
43. СП 60.13330.2016. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха.– М.: Минрегион России, 2016
44. СНиП 21-01-97 от 1998-01-01 Пожарная безопасность зданий и сооружений.

Листинг программного кода MATLAB

```

clearall; clc;
Cov=readmatrix('c_matrix.txt');
m=readmatrix('vect.txt');
L2=readmatrix('Lmatrix.txt');
n=3;
s=10;
p=0.506;
[evect,eval]=eigs(Cov,1);
m3=0.000065713;
m4=0.000054058;
Z=p*(eval)^(1/2)*evect;
LL=Cov-Z*Z.';
L1=chol(LL);
syms L0;
L0=solve(L0*transpose(L0)==LL,L0);
L3=LL^(1/2);
C1=n*m4/sum(Z.^4)-(n*m3/sum(Z.^3))^2;
C2=1+(n*sum(L1.^4,'all')/sum(Z.^4))+2*sqrt(n*sum(L1.^4,'all')/sum(Z.^4));
if (C1>C2)
    check1=1;
else
    check1=0;
end
A=C1;
B=sqrt(sum(L1.^4,'all')/(2*s^2*sqrt(sum(Z.^4))));
pp=sqrt(B/(2*n*A));
nu=(sqrt(A)-sqrt(2*n*B)*s)^2;
p1=1-2*n*s*pp;
N=1000;
for q=1:N
    u=rand(s/2,1);

    eps=u*pp*sqrt((nu-1)/(p1*A-1));

    for k=1:s/2
        pk(k)=pp+eps(k);
    end

    for k=s/2+1:s
        pk(k)=pp-eps(k-s/2);
    end
    Pk=pk';
    Pk(s+1)=p1;
    Pk1=Pk.';
    Pk_mean(q,:)=Pk1(1,:);

    fi1=n*m3*sqrt(Pk(s+1))/sum(Z.^3);
    fi2=Pk(s+1)*(n*m4-(sum(L1.^4,'all')*sum(1/pk'))/(2*s^2))/(sum(Z.^4));
    alpha=(fi1+sqrt(4*fi2-3*fi1^2))/2;
    beta=(-fi1+sqrt(4*fi2-3*fi1^2))/2;
    w0=1-1/(alpha*beta);
    w1=1/(alpha*(alpha+beta));
    w2=1/(beta*(alpha+beta));

    if (w1+w2+w0==1)
        check2=1;
    else
        check2=0;
    end
end

```

```

end

X0=m;
Xa=X0+alpha*Z'/sqrt(Pk(s+1));
Xb=X0+beta*Z'/sqrt(Pk(s+1));

for i=1:n
for k=1:s
if (k<=s/2)
X(k,:)=X0'+L1(:,i)/sqrt(2*s*Pk(k));
else
X(k,:)=X0'-L1(:,i)/sqrt(2*s*Pk(k));
end
end
end

X1(q,:)=X(1,:);
X2(q,:)=X(2,:);
X3(q,:)=X(3,:);
X4(q,:)=X(4,:);
X5(q,:)=X(5,:);
X6(q,:)=X(6,:);
X7(q,:)=X(7,:);
X8(q,:)=X(8,:);
X9(q,:)=X(9,:);
X10(q,:)=X(10,:);
XX0(q,:)=X0(1,:);
XXa(q,:)=Xa(1,:);
XXb(q,:)=Xb(1,:);

Xall=[X;X0;Xa;Xb];
end

Pkk=(mean(Pk_mean)).';
Xall1=[mean(X1);mean(X2);mean(X3);mean(X4);mean(X5);mean(X6);mean(X7);mean(X8);m
ean(X9);mean(X10);mean(XX0);mean(XXa);mean(XXb)];

Px=Pkk;
Px0=Pkk(s+1)*w0;
Pxa=Pkk(s+1)*w1;
Pxb=Pkk(s+1)*w2;

if (Px0+Pxa+Pxb+2*n*sum(Pkk(1:s))==1)
check3=1;
else
check3=0;
end

```


SWOT-таблица

	Сильные стороны	Слабые стороны
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Высокая скорость работы метода. 2. Нет привязки к узкой области применения. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Параметры метода, нахождение которых не определено одним конкретным способом. 2. Небольшое количество доступных материалов по методу.
<p>Возможности</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Появление дополнительного спроса на научную разработку. 2. Углубленное изучение метода и способов его развития. 	<p>B1C1: Возможность предоставления комфортного использования метода при различных вычислительных мощностях.</p> <p>B2C2: Появление новых оптимизаций, которые в будущем будут легко интегрироваться в программу, повышая её тиражируемость.</p>	<p>B1C2: С ростом интереса к данной научной разработке появится возможность расширения работ и материалов по исследуемой теме.</p> <p>B2C1: Имеется возможность изучения влияния различных способов расчёта параметров на исследуемый метод.</p>
<p>Угрозы</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Сложность приобретения лицензионного ПО Matlab. 2. Отсутствие спроса на программный метод. 	<p>У1C1: Для использования метода достаточно базового пакета Matlab, который обойдется дешевле без сопутствующих дополнительных утилит.</p> <p>У2C2: При отсутствии спроса на одном рынке, продукт можно адаптировать под другие нужды.</p>	<p>У1C2: Реализация проекта на других средах программирования.</p> <p>У2C1: Добавление дополнительных способов расчета параметров.</p>

Приложение №3
(справочное)

**An algorithm for moment-matching scenario generation with application
to financial portfolio optimization**

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
ОВМ81	Изместьева Юлия Константиновна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Семёнов Михаил Евгеньевич	К.ф.-м.н., доцент		

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Пичугова Инна Леонидовна			