

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра математического и компьютерного моделирования

Разработка приложения для анализа данных в финансовой сфере

АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ

студента 3 курса 381 группы

направление 09.04.03 — Прикладная информатика

механико-математического факультета

Мызникова Александра Сергеевича

Научный руководитель

профессор, д. э. н., профессор

Л.В. Кальянов

Зав. кафедрой

зав. каф., д.ф.-м.н., доцент

Ю.А. Блинков

Саратов 2024

**Введение.** В финансовой литературе инвестиционный портфель определяется как совокупность активов, которыми владеет физическое лицо или финансовое учреждение. В такие активы входят корпоративные акции, государственные облигации, сырьевые товары (золото, нефть, сталь и др.), финансовые инструменты, опционы, фьючерсы, биржевые инвестиционные фонды и т.д. Менеджер инвестиционного портфеля отвечает за принятие решений по использованию капитала, переданного ему индивидуальными собственниками или финансовыми учреждениями, и несет основную ответственность за управление портфелем средств и обязательств финансового учреждения.

Инвестиционный портфель может включать любые инвестиционные инструменты и быть подвержен множеству ограничений. Финансовые учреждения, такие как банки, управляющие компании и консультанты в сфере инвестиций, постоянно сталкиваются с задачей управления активами своих портфелей, включая их формирование и балансировку. Современная портфельная теория Марковица обеспечила фундаментальный прорыв в анализе соотношения риска и доходности. С тех пор появились модификации и альтернативы теории Марковица, упрощающие её и устраняющие различные ограничения.

Финансовые кризисы, экономические дисбалансы, алгоритмическая торговля и высокая волатильность активов вызывают множество опасений при управлении финансовыми рисками. В портфельной теории важное значение приобретает включение показателей риска для оптимизации портфеля. В последнее время были разработаны математические модели, позволяющие разрабатывать стратегии распределения активов с учетом риска. Учет факторов риска добавляет реалистичные ограничения, увеличивает число параметров в целевых функциях и ставит под сомнение роль детерминированных методов математической оптимизации.

**Описание магистерской работы.** Магистерская работа состоит из введения, четырех разделов, заключения, списка использованных источников и приложений. Введение описывает актуальность темы данной работы, а также обозначает цель и задачи работы. В разделе 1 описываются теоретические основы задачи оптимизации инвестиционного портфеля. В разделе 2 приводят-

ся различные формулировки задач оптимизации инвестиционного портфеля и стратегии распределения активов с учетом риска. В разделе 3 описываются основные параметры задач оптимизации и раскрываются такие понятия, как показатели доходности, показатели риска и ограничения для задач оптимизации инвестиционного портфеля. В разделе 4 приводится непосредственное решение задачи оптимизации инвестиционного портфеля. В заключении рассматриваются итоги магистерской работы, делаются выводы о проведенной работе. Список использованных источников содержит 33 наименования, на которые в тексте приведены ссылки. В приложениях содержится код основных модулей программы.

**Цель работы.** Цель работы заключается в повышении эффективности процесса создания инвестиционного портфеля путем создания нового аналитического приложения, способного решать задачи оптимизации распределения весов активов ценных бумаг в портфеле.

В условиях активной государственной политики по развитию финансового сектора в стране, одной из актуальных задач для отрасли становится разработка новых инструментов для анализа и оптимизации инвестиционных портфелей ценных бумаг. Эти инструменты должны предоставлять объективную информацию о возможностях инвестирования.

**В работе решаются следующие задачи:**

1. Формулировка задач оптимизации инвестиционного портфеля, включая современную портфельную теорию Марковица и стратегии распределения активов с учетом риска.
2. Определение параметров задач оптимизации, таких как показатели доходности, риска и ограничения для задач оптимизации инвестиционного портфеля.
3. Разработка приложения для решения задачи оптимизации инвестиционного портфеля, включая набор инструментов и описание функциональности приложения.
4. Проведение аналитического исследования портфеля ценных бумаг с использованием разработанного приложения.

**Актуальность работы** обусловлена необходимостью эффективного управления инвестиционными портфелями для повышения благосостояния как отдельных граждан и предприятий, так и экономики в целом.

**Описание предметной области и предмета исследования.** Выбранная предметная область - рынок ценных бумаг. Предметом исследования является оптимизация и формирование портфелей ценных бумаг с использованием различных коэффициентов и показателей эффективности. Задачи оптимального капиталовложения можно разделить по нескольким признакам: критерию оптимальности, возможности ребалансировки портфеля ценных бумаг и количеству ребалансировок, выбираемому закону распределения доходностей финансовых инструментов.

В одношаговых задачах формирования портфеля ценных бумаг, то есть в таких задачах, в которых не предполагается ребалансировка портфеля ценных бумаг в некоторый момент инвестиционного горизонта, встречается целый спектр критериев оптимальности:

- логарифмический критерий, который обеспечивает максимальную среднюю скорость роста капитала;
- вероятностный критерий, обеспечивающий превышение желаемого порога капитала при ликвидации инвестиционного портфеля с максимальной вероятностью, или вероятностное ограничение на портфель ценных бумаг;
- VaR-критерий, обеспечивающий максимальный уровень капитала, гарантированный с заданным уровнем надежности;
- CVaR-критерий, который обеспечивает максимальное среднее значение капитала, если капитал инвестора окажется ниже некоторого гарантированного уровня;

Однако, использование одношаговых моделей может привести к «биржевому парадоксу», когда при многократном использовании одношаговой стратегии в среднем капитал инвестора стремится к бесконечности, а вероятность разорения стремится к единице. Использование двухшаговой или многошаговой моделей может позволить избежать данного парадокса, поскольку при использовании таких моделей имеется возможность в некоторый момент вре-

мени инвестиционного горизонта ребалансировать портфель ценных бумаг и, таким образом, учесть изменяющуюся ситуацию на рынке.

Учет возможности ребалансировки портфеля ценных бумаг существенно усложняет процесс поиска решения. Поэтому исследователи, использующие в качестве критерия оптимальности вероятность достижения заданного порога капитала или VaR-критерий, как правило, рассматривают только двухшаговые задачи с одним рисковым активом на каждом шаге.

Если же использовать критерии, связанные с моментными характеристиками случайных величин, то удастся получить результаты для многошаговых задач, в которых предполагается случай более чем одной коррекции инвестиционного портфеля на протяжении инвестиционного горизонта.

В качестве распределения доходностей различными авторами, как правило, рассматривается нормальное распределение. Для оценки параметров распределения доходностей используют CAPM-теорию, разработанную Ф. Блэком, Дж. Линтнером, В. Ф. Шарпом. Однако, она имеет ряд недостатков. К тому же на практике доходность в отличие от реализации случайной величины, подчиняющейся нормальному закону, не может оказаться меньше минус единицы. Поэтому в задаче оптимального капиталовложения логичным представляется использование распределения с ограниченным носителем, например, можно использовать равномерное распределение. Равномерное распределение при минимальных предположениях о виде закона распределения оказывается наихудшим по значению критериальной функции для лица, принимающего решения. Кроме того, равномерное распределение не является экзотическим в задаче оптимального капиталовложения и рассматривается, например, Г. Дж. Александером, А. М. Бапティストой, А. Меуччи. Но равномерное распределение также имеет свои недостатки: оптимальное значение критерия может оказаться неоправданно невысоким. Кроме того, плотность равномерного распределения симметрична относительно математического ожидания, что не обязательно может соответствовать реальным задачам. С другой стороны, оптимальный портфель, полученный с использованием равномерного распределения доходностей, можно считать гарантирующим. Также отмечается, что в качестве распределения доходностей в работах А. А. Лобанова, А. Меуччи, А. В. Чугунова, А. Н. Ширяева рассматриваются и другие распреде-

ления: логнормальное распределение, усеченное нормальное распределение, распределение Парето.

### **Используемые инструменты для решения.**

Для реализации решения задач оптимизации и анализа полученных решений задействован язык программирования Python, включая библиотеки с открытым исходным кодом. Выбор языка программирования обусловлен следующими особенностями:

1. Язык программирования Python отличается простотой и удобством, является менее трудоемким по сравнению с другими языками программирования, например, C++ или Java;
2. Существует множество библиотечных решений в свободном доступе, значительно обогащающих функциональные возможности языка;

Язык программирования Python широко используется в научных исследованиях, его также используют в своих разработках крупнейшие мировые компании.

Разработка приложения для решения задач оптимизации будет осуществляться в интегрированной среде разработки для языка программирования Python PyCharm. Данная среда разработки создана чешской компанией JetBrains на основе IntelliJ IDEA. Данная среда разработки предоставляет средства для анализа кода, графический отладчик, инструмент для запуска юнит-тестов и поддерживает вебразработку. PyCharm имеет двойное лицензирование и распространяется как проприетарное программное обеспечение (для коммерческого и промышленного использования), существует также лицензия Apache, по которой программа распространяется свободно в усеченной функциональности (для независимых, некоммерческих, исследовательских или учебных проектов).

Для создания графического интерфейса приложения была использована библиотека PyQt и, включённый в неё Qt Designer (Qt Creator). PyQt - это библиотека Python для создания приложений с графическим интерфейсом с помощью инструментария Qt. Созданная в Riverbank Computing, PyQt является свободным ПО (по лицензии GPL). Qt Designer – является кроссплатформенным компоновщиком макетов и форм графического интерфейса пользователя. Он позволяет быстро спроектировать виджеты и диалоги, ис-

пользуя экранные формы с использованием тех же виджетов, которые будут использоваться в приложении.

Табличное и графическое представления результатов решения и анализа сделаны посредством свободно распространяемой библиотеки Matplotlib. Matplotlib – библиотека на языке программирования Python для визуализации данных двумерной и трёхмерной графикой. Matplotlib написана и поддерживалась в основном Джоном Хантером и распространяется на условиях BSD-подобной лицензии. Генерируемые в различных форматах изображения могут быть использованы в интерактивной графике, в научных публикациях, графическом интерфейсе пользователя, веб-приложениях, где требуется построение диаграмм.

Для получения котировок активов используется pandas datareader – это дополнительный пакет свободно распространяемой библиотеки Pandas, который позволяет получать данные из различных интернет-источников данных, таких как: Yahoo! Finance, Alpha Vantage, Google Finance. В работе используется интернет-источник Yahoo! Finance. Pandas – программная библиотека на языке Python для обработки и анализа данных. Работа pandas с данными строится поверх библиотеки NumPy, являющейся инструментом более низкого уровня. Предоставляет специальные структуры данных и операции для манипулирования числовыми таблицами и временными рядами.

В работе также используется модуль datetime, который предоставляет классы для работы с датами и временем. Данный модуль необходим, чтобы сформировать временные рамки, для получения котировок интересующих активов.

Для оптимизации портфелей ценных бумаг используется один из методов нелинейной оптимизации, а именно метод последовательного квадратичного программирования (SQP). Этот метод является одним из наиболее распространённых и эффективных оптимизационных алгоритмов общего назначения. Основной идеей алгоритма является последовательное решение задач квадратичного программирования, аппроксимирующих данную задачу оптимизации. Для оптимизационных задач без ограничений алгоритм SQP преобразуется в метод Ньютона поиска точки, в которой градиент целевой функции обращается в ноль. Для решения исходной задачи с ограничениями-

равенствами метод SQP преобразуется в специальную реализацию ньютоновских методов решения системы Лагранжа. Чтобы использовать этот метод оптимизации в данной работе, применяется пакет optimize из библиотеки SciPy для языка программирования Python с открытым исходным кодом, предназначенной для выполнения научных и инженерных расчётов. Пакет optimize предоставляет функции для минимизации (или максимизации) целевых функций, возможно, с учетом ограничений. Он включает и задействует механизмы решения для нелинейных задач (с поддержкой алгоритмов локальной и глобальной оптимизации), линейного программирования, ограниченных и нелинейных наименьших квадратов, поиска корней и подгонки кривых.

### **Описание разработанного приложения.**

В соответствии с рисунком 1 представлена блок-схема разработанного приложения. На данной схеме отображены основные процессы, протекающие в разработанном приложении. К этим процессам относятся: загрузка исходных данных, сохранение исходных данных для их дальнейшего использования, оптимизация портфелей, а также вспомогательные, в данном случае результирующие процессы – процессы вывода и экспорта результатов моделирования в виде таблиц и графиков.



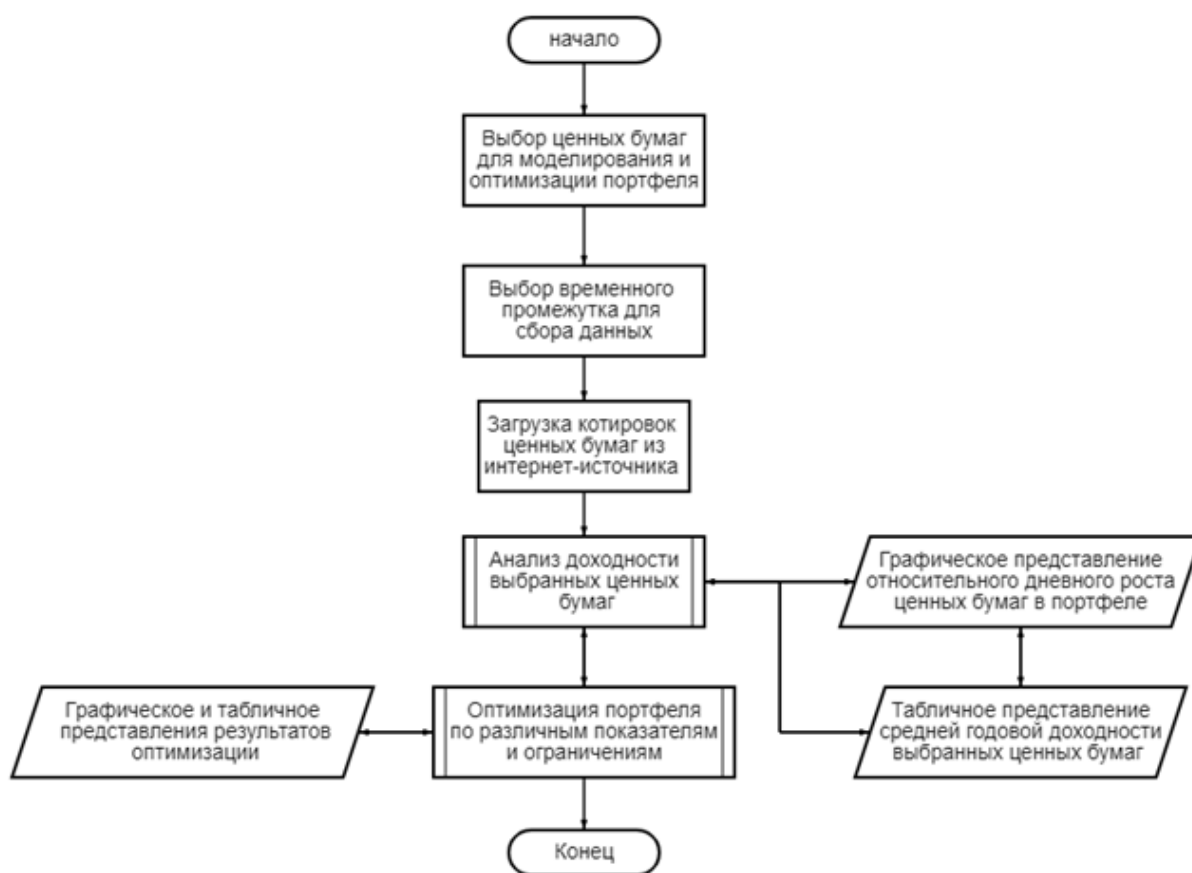


Рисунок 1 — Блок-схема разработанного приложения

Блок-схема, отражает последовательность выполнения программных операций в приложении.

В соответствии с рисунком 2 изображено главное окно приложения.

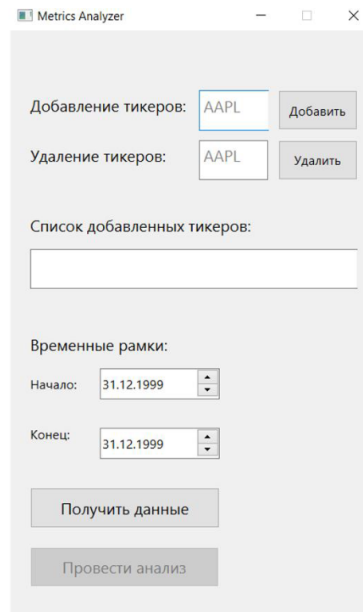


Рисунок 2 — Главное окно приложения

Выбор ценных бумаг для моделирования и оптимизации портфеля осуществляется путём добавления или удаления тикеров (краткое название в биржевой информации котируемых инструментов) компаний с помощью соответствующих окон ввода и кнопок добавления и удаления. Добавленные тикеры отображаются в поле списка добавленных тикеров. Выбор временного промежутка осуществляется путём заполнения полей «Начало» и «Конец». Загрузка котировок ценных бумаг осуществляется путём нажатия на кнопку «Получить данные». Нажатие этой кнопки активирует функцию, которая извлекает котировки, интересующих инвестора акций, из Интернет-ресурса Yahoo! Finance. После загрузки данные сохраняются в файле «price.pkl». Если данные для анализа успешно загружены и сохранены, активируется кнопка «Провести анализ». После нажатия на кнопку «Провести анализ» открывается окно анализа данных, которое изображено в соответствии с рисунком 3.

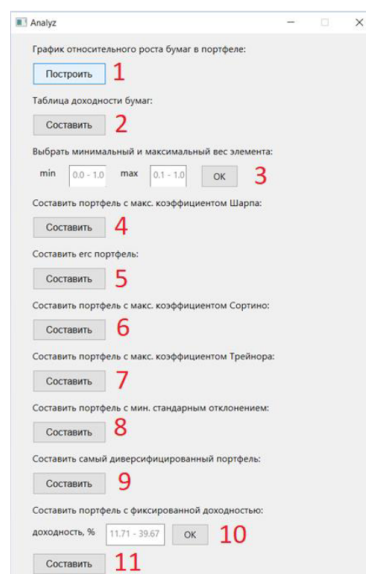


Рисунок 3 — Окно анализа в приложении

Графическое представление относительной дневной доходности ценных бумаг осуществляется с помощью нажатия на кнопку «Построить», обозначенную под номером 1 в соответствии с рисунком 3. Кнопка «Построить» активирует функцию, которая реализует отображение окна, содержащего в себе график относительной дневной доходности по каждому активу из составленного портфеля.

Табличное представление средней годовой доходности выбранных ценных бумаг осуществляется путём нажатия на кнопку «Составить», обозначенную под номером 2 в соответствии с рисунком 3. Кнопка «Составить» активирует функцию, которая реализует отображение окна, содержащего в себе таблицу средней годовой доходности ценных бумаг.

С помощью кнопки под номером 3 в соответствии с рисунком 3 и поля «доходность, %» можно задать фиксированную доходность для портфеля с фиксированной доходностью (по умолчанию фиксированная доходность равна целой части среднего по всем доходностям выбранных бумаг).

С помощью кнопки под номером 10 в соответствии с рисунком 3 и полей «min» и «max» можно задать максимальные и минимальные веса активов в портфеле (по умолчанию максимальный вес равен 1, а минимальный – 0).

Оптимизация портфеля по различным целевым функциям и ограничениям осуществляется путём вызова нажатия на кнопки под номерами 4-9,

11 в соответствии с рисунком 3. Кнопки активируют функции, которые выполняют оптимизацию, используя метод последовательного квадратичного программирования, и отображают круговые диаграммы составленных оптимальных портфелей и таблицы с показателями и коэффициентами, вычисленными для этих портфелей.

На основе разработанной программы для оптимизации портфелей ценных бумаг возможно провести следующие исследования:

1. Строить множество портфелей из выбранной совокупности ценных бумаг для их ранжирования, определения наиболее предпочтительный исходя из выбранной стратегии инвестирования;
2. Проводить многократное моделирование на основе изменения критериев. Тем самым можно посмотреть на изменение в поведении интересующих портфелей в зависимости от изменения желаемых показателей результативности;
3. Находить оптимальные решения по структурному составу портфелей исходя из анализа исторических котировок и выбранных показателей результативности.

Для исследования работы разработанной программы в части анализа были выбраны следующие критерии:

1. Временные рамки: 14.04.2018 - 14.04.2022;
2. Количество элементов в портфеле до 10 штук;
3. Критерии оптимизации: коэффициент Шарпа, коэффициент Сортино, коэффициент, коэффициент Трейнора и волатильность.

Также в рамках исследования необходимо найти портфель с равновзвешенным вкладом в риск. В ходе работы подвергаются изменениям некоторые критерии. Например, изменяются минимальные и максимальные веса активов в портфеле (по умолчанию минимальный вес – 0, максимальный вес – 1).

Для моделирования портфелей выбираются акции из различных секторов экономики США: здравоохранения, высоких технологий, розничной торговли, финансов и промышленного производства.

### **Заключение.**

В результате проведенной работы были решены следующие задачи:

1. Сформулированы задачи оптимизации инвестиционного портфеля, включая современную портфельную теорию Марковица и стратегии распределения активов с учетом риска.
2. Определены параметры задач оптимизации, такие как показатели доходности, риска и ограничения для задач оптимизации инвестиционного портфеля.
3. Разработано приложение для решения задачи оптимизации инвестиционного портфеля, включающее выбор инструментов и описание функциональности.
4. Проведено аналитическое исследование портфеля ценных бумаг с использованием разработанного приложения.

Полученные результаты показали, что разработанное приложение обладает достаточно большой базовой функциональностью для обеспечения инвестора аналитической информацией.

Дальнейшая работа может быть направлена на оптимизацию работы разработанного приложения, реализацию функции моделирования различных инвестиционных портфелей из всей совокупности элементов выбранного рынка ценных бумаг. Также необходимо расширить список анализируемых показателей для обеспечения максимальной полноты анализа. Разработать в дальнейшем веб-сервис с удобным интерфейсом, для максимально удобной работы. Помимо этого, можно дополнить разработанную систему, добавив в нее функциональность по прогнозированию поведения ценных бумаг.