

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И
РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

На правах рукописи

РЕКУНДАЛЬ ОЛЬГА ИГОРЕВНА

**ФОРМИРОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ ИНВЕСТИЦИОННЫМ
ПОРТФЕЛЕМ ПЕНСИОННЫХ НАКОПЛЕНИЙ В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
НЕГОСУДАРСТВЕННЫХ ПЕНСИОННЫХ ФОНДОВ**

Специальность 05.13.10

«Управление в социальных и экономических системах»

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук, профессор,
Мицель Артур Александрович

Томск - 2016

Оглавление

Основные термины и условные сокращения.....	5
Введение.....	6
Глава 1. Инвестиционный процесс в контексте деятельности негосударственного пенсионного фонда	14
1.1 Место негосударственных пенсионных фондов в системе обязательного пенсионного обеспечения Российской Федерации.....	14
1.1.1 Пенсионная реформа.....	14
1.1.2 Негосударственные пенсионные фонды в системе обязательного пенсионного обеспечения Российской Федерации.....	18
1.2 Инвестиционный процесс.....	22
1.2.1 Современное состояние системы негосударственных пенсионных фондов.....	24
1.2.2 Инвестиционная деятельность негосударственных пенсионных фондов.....	26
Выводы.....	28
Глава 2. Формирование инвестиционного портфеля пенсионных накоплений.....	29
2.1 Методика оценки инвестиционной привлекательности облигаций муниципальных и субфедеральных заемщиков [35].....	29
2.1.1 Понятие и сущность муниципальных и субфедеральных долговых обязательств.....	30
2.1.2 Анализ пенсионного законодательства.....	32
2.1.3 Анализ факторов риска.....	38
2.1.4 Описание методики оценки инвестиционной привлекательности облигаций [35].....	39
2.2 Формирование инвестиционного портфеля.....	46
2.2.1 Обзор существующих моделей формирования инвестиционного портфеля.....	46
2.2.2 Стратегия иммунизации.....	50

2.2.3 Интегрированная модель формирования инвестиционного портфеля пенсионных накоплений [68-69].....	54
Выводы.....	58
Глава 3. Управление инвестиционным портфелем пенсионных накоплений.....	59
3.1 Переформирование инвестиционного портфеля пенсионных накоплений [71].....	59
3.2 Динамическая модель управления инвестиционным портфелем с линейным критерием качества [72].....	62
3.2.1 Постановка задачи.....	62
3.2.2 Метод решения задачи.....	68
3.2.3 Моделирование задачи слежения.....	70
3.2.4 Управление реальным портфелем.....	71
3.3 Динамическая модель управления инвестиционным портфелем с квадратичным критерием качества [74].....	71
3.3.1 Вывод основных соотношений.....	71
3.3.2 Решение задачи.....	75
3.4 Проблема выделения тренда. Прогнозирование динамики цен рисков активов.....	77
3.5 Оценка эффективности инвестиционного портфеля.....	78
3.6 Система поддержки принятия управленческих решений при управлении инвестиционным портфелем пенсионных накоплений [80].....	80
Выводы.....	87
Глава 4. Тестирование и экспериментальная проверка.....	88
4.1 Апробация методики оценки инвестиционной привлекательности облигаций муниципальных и субфедеральных заемщиков.....	88
4.2 Блоки системы поддержки принятия решения.....	90
4.3 Апробация модели формирования инвестиционного портфеля.....	93
Заключение.....	97
Рекомендации.....	100

Список использованных источников.....	101
Приложение 1.....	110
Приложение 2.....	114
Приложение 3.....	123

Основные термины и условные сокращения

ГУК – государственная управляющая компания

ЧУК – частная управляющая компания

НПФ – негосударственный пенсионный фонд

СППР – система поддержки принятия решения

ЛПР – лицо, принимающее решение

ММВБ – Московская межбанковская валютная биржа

ИП – инвестиционный портфель

Введение

Актуальность исследования

Развитие пенсионной системы, основной составляющей которой является обязательное пенсионное страхование, представляет собой ключевую социальную гарантию общества. Обычно состояние пенсионной системы страны характеризуется коэффициентом замещения утраченного заработка. Для Российской Федерации этот коэффициент составляет порядка 25%, что по данным Международной Организации Труда признается нарушением пенсионных прав граждан. В связи с этим повышается значимость системы негосударственных пенсионных фондов, в 2004 году допущенных к обязательному пенсионному страхованию и имеющими более широкую инвестиционную декларацию, чем Пенсионный фонд РФ.

В диссертации рассматриваются актуальные в настоящее время задачи формирования и управления инвестиционным портфелем пенсионных накоплений, учитывающие основные законодательные требования. Инвестиционная декларация негосударственных пенсионных фондов и частных управляющих компаний существенно шире, чем у Пенсионного фонда РФ и в связи с этим имеется возможность разрабатывать альтернативные методики и модели инвестирования средств пенсионных накоплений, которые позволили бы повысить эффективность накопительной компоненты пенсионной системы России.

По статистике, опубликованной Министерством Финансов РФ, число негосударственных пенсионных фондов на протяжении последних трех лет уменьшается (за счет слияния, поглощения и пр. одних фондов другими), однако совокупный объем средств, переданных застрахованными лицами в доверительное управление, растет. Это говорит о повышении финансовой грамотности населения и желании увеличить свою будущую пенсию. Из-за увеличения совокупного объема инвестиционных портфелей негосударственных

пенсионных фондов возникает и другая актуальная задача – создание автоматизированной системы поддержки принятия решения инвестора при управлении сформированным инвестиционным портфелем, позволяющей инвестору на более высоком уровне принимать инвестиционные решения.

Степень научной разработанности проблемы

Основа исследований в области моделей построения инвестиционных портфелей была положена в 1952 году нобелевским лауреатом Г. Марковицем [1]. Далее тему портфельного инвестирования продолжили развивать зарубежные ученые: Дж. Тобин, У.Ф. Шарп, М. Шоулс, Р. Ингл, Г. Дж. Александер, С. Росс, Дж. В. Бейли, Дж. Литнер [2-5], а также российские исследователи: А.В. Мельников, А.О. Недосекин, Е.М. Бронштейн, А. Шапкин, А.Ф. Терпугов, В.В. Домбровский и др. [6-12].

Однако конкретно пенсионной проблематике в научном сообществе уделялось внимание в основном с социальной или экономической точки зрения. Это отражено в работах М. Лейбовица, Ч. Тробрюбриджа, Ж. Булье, Л.М. Вицейры, З. Боди и др.[13-15]; в нашей стране – в работах А.Г. Шоломицкого, А.К. Соловьева, В.М. Бончика и др. [16-18].

Отсутствие четких алгоритмов и недостаточная проработанность математических моделей формирования инвестиционного портфеля с учетом ограничений обусловили выбор темы исследования – «Формирование и управление инвестиционным портфелем пенсионных накоплений в деятельности негосударственных пенсионных фондов».

Цели и задачи исследования

Целью исследования является разработка методики и моделей формирования и управления портфелем пенсионных накоплений негосударственного пенсионного фонда для повышения эффективности его работы в условиях нестабильной ситуации на финансовых рынках РФ.

Для достижения цели диссертационной работы решаются следующие задачи:

1. исследование проблем развития системы негосударственных пенсионных фондов РФ;
2. разработка методики отбора инвестиционно привлекательных облигаций муниципальных и субфедеральных заемщиков;
3. сравнительный анализ известных методов формирования оптимального инвестиционного портфеля ценных бумаг;
4. разработка модели формирования инвестиционного портфеля пенсионных накоплений, включающего рисковый и безрисковый подпортфели ценных бумаг;
5. разработка динамической модели управления портфелем;
6. разработка системы поддержки принятия решения при управлении сформированным портфелем пенсионных накоплений;
7. проведение вычислительных экспериментов по проверке предложенных методики и модели на основе модельных и реальных данных о котировках ценных бумаг фондового рынка РФ.

Объектом исследования является инвестиционный портфель пенсионных накоплений.

Предметом исследования является процесс формирования и управления инвестиционным портфелем пенсионных накоплений.

Методы исследования

Теоретическую и методическую основу исследования составляют научные положения, содержащиеся в трудах отечественных и зарубежных ученых и специалистов в области экономико-математического моделирования, теории управления, теории рынка ценных бумаг и инвестиций, теории принятия решений, методов оптимизации и компьютерного моделирования.

Для обработки и анализа данных, а также моделирования применялись пакеты программ MathCad и Microsoft Excel.

Научная новизна диссертации

1. Методика оценки инвестиционной привлекательности облигаций муниципальных и субфедеральных заемщиков, основанная на анализе основных факторов риска для облигаций. Отличительной особенностью данной методики является возможность ранжирования облигационных выпусков, задавая при этом веса для показателей инвестиционной привлекательности в зависимости от целей инвестора.
2. Интегрированная модель формирования инвестиционного портфеля пенсионных накоплений, основанная на портфельной теории Марковица. Отличительной особенностью модели является наличие иммунизированного подпортфеля безрисковых ценных бумаг.
3. Динамическая модель управления инвестиционным портфелем пенсионных накоплений. В отличие от известных моделей, данная модель построена для интегрированного портфеля, включающего подпортфель рискованных и подпортфель безрисковых ценных бумаг.

Практическая значимость работы

Полученные в диссертационной работе результаты могут быть использованы в работе управляющих компаний и негосударственных пенсионных фондов при работе со средствами, полученными в доверительное управление (пенсионные накопления, пенсионные резервы), а также другими инвестиционными фондами и компаниями, формирующими собственные инвестиционные портфели.

Результаты работы над диссертацией внедрены:

- в инвестиционный процесс Акционерного общества межрегионального негосударственного пенсионного фонда «Большой»
- в учебный процесс Национального исследовательского Томского Политехнического университета;
- в учебный процесс Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники.

Предмет защиты и личный вклад автора

1. Методика оценки инвестиционной привлекательности облигаций муниципальных и субфедеральных заемщиков позволяет получить ранжированный список облигаций. *Соответствует пункту 3 паспорта специальности: разработка моделей описания и оценок эффективности решения задач управления и принятия решений в социальных и экономических системах.*
2. Интегрированная модель формирования инвестиционного портфеля пенсионных накоплений обеспечивает формирование инвестиционного портфеля с учетом законодательных ограничений. *Соответствует пункту 4 паспорта специальности: разработка методов и алгоритмов решения задач управления и принятия решений в социальных и экономических системах.*
3. Динамическая модель управления инвестиционным портфелем пенсионных накоплений позволяет получать портфель с желаемой доходностью. *Соответствует пункту 10 паспорта специальности: Разработка методов и алгоритмов интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений в экономических и социальных системах.*

Основные научные результаты получены автором самостоятельно. Постановка задачи была выполнена научным руководителем Мицелем Артуром Александровичем.

Апробация работы

Основные положения и отдельные результаты диссертационной работы были опубликованы, докладывались и обсуждались на следующих конференциях и семинарах:

- VII международной конференции студентов и молодых ученых «Перспективы развития фундаментальных наук» (г. Томск, 2010 год);
- IV международной заочной научно-практической конференции «Наука без границ» (г. Екатеринбург, 2010 год);
- VIII международной конференции студентов и молодых ученых «Перспективы развития фундаментальных наук» (г. Томск, 2011 год);
- всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Научная сессия ТУСУР-2011» (г. Томск, 2011 год);
- всероссийской молодежной научной школы «Управление, информация и оптимизация» (г. Томск, 2012 год);
- VII осенней конференции молодых ученых в новосибирском академгородке «Актуальные вопросы экономики и социологии» (г. Новосибирск, 2012 год).
- всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Современные технологии поддержки принятия решений в экономике» (г. Юрга, 2014 год);
- международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы и перспективы развития экономики XXI века» (г. Москва, 2015 год);
- 21-й международной научно-практической конференции «Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири (СИБРЕСУРС – 21 – 2015)» (г. Томск, 2015 год).

Публикации

По теме диссертации опубликовано 6 статей в научных изданиях, рекомендуемых ВАК, 6 публикаций тезисов докладов.

Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения и списка использованной литературы. Объем работы составляет 126 страниц, включая 15 рисунков, 7 таблиц и библиографию из 87 наименований.

Содержание глав диссертации

Первая глава посвящена анализу инвестиционного процесса НПФ:

- подробно описана суть пенсионной реформы России 2002 года;
- определено место НПФ в системе обязательного пенсионного обеспечения России;
- рассмотрены основные этапы инвестиционного процесса;
- проанализирована инвестиционная деятельность НПФ.

Во **второй главе** рассмотрен этап формирования портфеля пенсионных накоплений, в частности:

- проведен анализ пенсионного законодательства в целях формирования блока ограничений на структуру и состав инвестиционного портфеля пенсионных накоплений;
- описаны основные виды ценных бумаг, в которые согласно законодательству могут быть инвестированы средства пенсионных накоплений;
- выделены и описаны основные факторы риска при работе с муниципальными и субфедеральными облигациями;
- предложена методика оценки инвестиционной привлекательности облигаций муниципальных и субфедеральных заемщиков;

- приведен обзор классических моделей инвестиционных портфелей ценных бумаг;
- подробно описана стратегия иммунизации, целью которой является обеспечение страхования портфеля облигаций от изменения процентных ставок;
- предложена модель формирования инвестиционного портфеля пенсионных накоплений.

В **третьей главе** раскрыта тема управления инвестиционным портфелем пенсионных накоплений:

- рассмотрены основные подходы к прогнозированию динамики цен рискованных активов;
- описан этап переформирования инвестиционного портфеля пенсионных накоплений;
- приведены показатели, позволяющие оценить эффективность управления сформированным инвестиционным портфелем за выбранный период;
- предложена динамическая модель управления инвестиционным портфелем с линейным и квадратичным критериями качества;
- предложена система поддержки принятия решения инвестора при управлении инвестиционным портфелем пенсионных накоплений.

В **четвертой главе** диссертации представлена программная реализация модели формирования инвестиционного портфеля, тестирование методики и их апробация на реальных данных при формировании и управлении инвестиционным портфелем пенсионных накоплений.

Глава 1. Инвестиционный процесс в контексте деятельности негосударственного пенсионного фонда

1.1 Место негосударственных пенсионных фондов в системе пенсионного обеспечения Российской Федерации

1.1.1 Пенсионная реформа

Развитие российской экономики потребовало адекватного реформирования пенсионной системы, преобразования ее из советской системы государственного обеспечения в систему пенсионного страхования, способную самостоятельно, без участия государства, адаптироваться к циклическому характеру рыночного развития [17].

В качестве основного побудительного мотива к реформированию системы пенсионного обеспечения России относят демографический кризис. Глобальный процесс старения населения принципиально меняет демографическую структуру населения и социально-экономический баланс между поколениями. Этот процесс ставит вопрос о формах социальной поддержки пожилого населения и предъявляет новые требования к пенсионным системам. Поиски эффективных пенсионных систем идут во всем мире. В России этот вопрос во всей остроте встал в середине 1990-х гг. Российская Федерация вступила в период экономических реформ с развитой пенсионной системой, которая формировалась на протяжении десятилетий и базировалась на так называемом принципе солидарности поколений, означающем перераспределение экономических ресурсов от работающего поколения в пользу населения пожилых возрастов, покинувших трудовую сферу и вышедших на пенсию. Наряду с серьезными социальными достижениями, к которым, прежде всего, относится создание всеобщей системы пенсионного обеспечения, охватывающей подавляющую часть населения, система характеризовалась рядом недостатков, среди которых можно

выделить низкий уровень пенсионных выплат, которые не индексировались в случае повышения стоимости жизни или опережающего роста заработной платы; низкая дифференциация пенсий и естественное следствие уравнительной политики в сфере доходов населения (это означало крайне слабую зависимость размера пенсии от трудового вклада работника во время его трудовой жизни); широко распространенная практика досрочного выхода на пенсию для различных категорий граждан, что на практике служило фактором снижения реального пенсионного возраста. Все эти факторы в совокупности со сложной демографической ситуацией – старение населения – привели к необходимости реформирования пенсионной системы страны [19].

С 1 января 2002 года в Российской Федерации началась пенсионная реформа, цель которой – создание многоуровневой пенсионной системы, позволяющей обеспечить гражданам получение достойной пенсии после окончания трудовой деятельности. Впервые в истории в основу пенсионной системы России были положены страховые принципы. Существовавшая распределительная система начисления пенсий была дополнена накопительной частью пенсии и персонифицированным учетом страховых обязательств государства перед каждым гражданином. Размер пенсии в новой пенсионной модели определяется, прежде всего, не только стажем работника, как было до 2002 года, а его реальным заработком и размером отчислений в пенсионный фонд Российской Федерации [20].

В условиях действующей на сегодняшний день системы пенсионного обеспечения трудовая пенсия состоит из двух частей: страховая часть и накопительная часть, позволяющая учесть пенсионные права в зависимости от размеров заработной платы и уплачиваемых страховых взносов.

С появлением накопительной части интерес к инвестированию возрос. Накопительная часть в отличие от страховой части не расходуется на выплату текущих пенсий, а вкладывается в ценные бумаги и другие финансовые активы, разрешенные законодательством, для получения инвестиционного дохода.

Граждане, имеющие в составе своей пенсии накопительную составляющую, могут самостоятельно выбрать, кому доверить управление накапливаемыми средствами. Граждане вправе формировать накопительную часть своей будущей пенсии (рис. 1):

- через Пенсионный фонд Российской Федерации, выбрав:
 - государственную управляющую компанию (ГУК), которой с января 2003 года постановлением Правительства Российской Федерации [21] назначен «Внешэкономбанк». ГУК инвестирует средства пенсионных накоплений только в максимально надежные инструменты, придерживаясь консервативной стратегии управления активами;
 - управляющую компанию (УК), отобранную по результатам конкурса. У таких управляющих компаний более широкий перечень активов, в которые могут быть размещены пенсионные накопления, чем у государственной управляющей компании;
- через негосударственные пенсионные фонды, которые с 2004 года [21-22] были допущены к обязательному пенсионному страхованию.

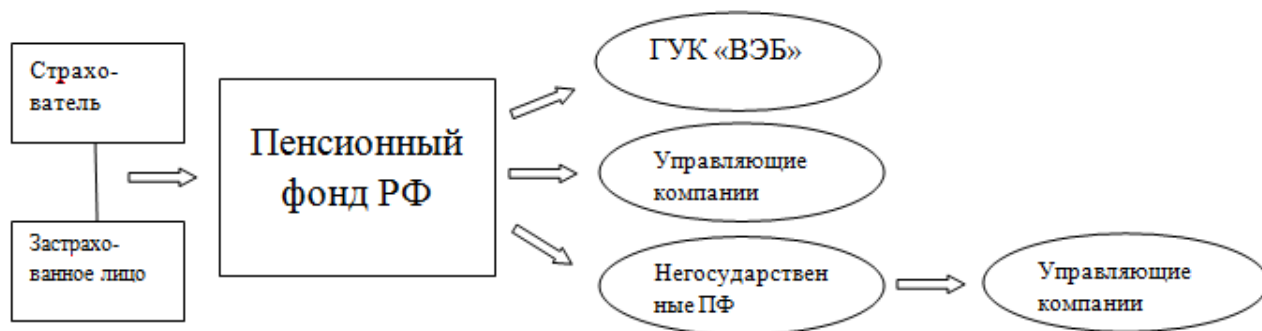


Рис. 1. Схема инвестирования пенсионных накоплений

В Российской Федерации в течение последних 10 лет проводились мероприятия, направленные на совершенствование пенсионной системы, по итогам которых достигнуты следующие важные результаты [23]:

- установление гарантированного минимального уровня материального обеспечения пенсионера не ниже величины прожиточного минимума пенсионера в субъекте Российской Федерации;

- восстановление утраченных в ходе рыночных реформ пенсионных прав, приобретенных в советское время (валоризация);
- создание объективных экономических и правовых предпосылок формирования пенсионных прав будущих пенсионеров для получения трудовой пенсии на уровне международных норм;
- повышение среднего размера трудовой пенсии.

Таким образом, проводимая пенсионная политика в первую очередь была направлена на обеспечение социально приемлемого материального уровня пенсионеров. Однако в рамках созданной пенсионной системы не был достигнут требуемый международными стандартами коэффициент замещения с учетом обеспечения долгосрочной финансовой устойчивости и сбалансированности бюджета Пенсионного фонда. К основным причинам этого относят макроэкономические и демографические факторы, такие как инфляция, увеличение продолжительности жизни, изменение макроэкономических показателей и т.п. Накопительная составляющая также требует пересмотра в вопросах сохранности переданных в доверительное управление средств пенсионных накоплений, обеспечения сформированных пенсионных прав граждан, расширения перечня финансовых институтов и инструментов.

Основной задачей института накопительной составляющей пенсионной системы является улучшение пенсионного обеспечения граждан за счет формирования и инвестирования средств пенсионных накоплений. За 10 лет формирования пенсионных накоплений соответствующими финансовыми институтами были выделены следующие проблемы [23]:

- отсутствие эффективных механизмов гарантий сохранности и возвратности пенсионных накоплений;
- несовершенство контроля и регулирования накопительной составляющей пенсионной системы, которые не соответствуют объему накоплений и уровню рисков

- неэффективность управления, реальное обесценивание средств пенсионных накоплений;
- возрастание рыночных рисков (по которым ответственность несет государство) по мере увеличения объемов пенсионных накоплений в условиях нехватки инструментов инвестирования;
- высокие издержки администрирования накопительной составляющей пенсионной системы (комиссия управляющих компаний и негосударственных пенсионных фондов составляет 1,4% стоимости чистых активов, что значительно превышает уровень комиссии на развитых финансовых рынках (0,5-0,7%);
- системно правовая коллизия, связанная с организационно правовой формой негосударственных пенсионных фондов (указанные отношения регулируются в публично-правовой плоскости – в рамках обязательного пенсионного страхования и не предусматривают получение прибыли, а накопительная составляющая основывается на гражданско-правовых (договорных) отношениях и формируется с целью получения инвестиционного дохода).

1.1.2 Негосударственные пенсионные фонды в системе пенсионного обеспечения Российской Федерации

Развитие в России рыночных отношений способствовало созданию различных финансовых институтов, отличающихся друг от друга статусом, спецификой функционирования, социальной и экономической значимостью. К наиболее распространенным финансовым институтам в России относят банки, страховые и инвестиционные компании, негосударственные пенсионные фонды и т.п. В рамках данного диссертационного исследования подробно рассматривается негосударственный пенсионный фонд, как один из важнейших социальных финансовых институтов, задействованных в системе пенсионного обеспечения

России, наряду с Пенсионным фондом Российской Федерации и управляющими компаниями.

Принятая Правительством Российской Федерации программа дальнейшего развития пенсионной системы в стране подразумевает необходимость существенного повышения роли негосударственных пенсионных фондов и их ответственности за обеспечение достойной пенсии гражданам России. В отличие от Пенсионного фонда РФ, основной задачей которого является обеспечение минимального уровня пенсии гражданам, важнейшей задачей в деятельности негосударственных пенсионных фондов ставится задача сохранения пенсионных накоплений граждан и обеспечения пенсионеру максимально возможного уровня замещения утраченного дохода после выхода на пенсию.

История негосударственных пенсионных фондов России начинается с XIX века с появлением первых эмеритальных касс, базу которых создавали отчисления работодателей и граждан в целях пенсионного обеспечения работников фабрик и заводов [24]. В современной России, начиная с сентября 1992 г., негосударственные пенсионные фонды создавались в основном как корпоративные или отраслевые. В течение длительного времени это были в основном пенсионные фонды предприятий топливно-энергетического комплекса (нефтяной и газовой промышленности, электроэнергетики, угольной промышленности). По мере выхода экономики из кризиса 1998 г. число крупнейших фондов дополнили фонды предприятий железнодорожного транспорта, металлургии, банковской сферы и др. И после вступления в силу закона «О негосударственных пенсионных фондах» от 7 мая 1998 г. №75-ФЗ активно стала формироваться система негосударственных пенсионных фондов, насчитывающая на начало 2006 г. более 250 НПФ [25]. В настоящее время крупнейшие корпоративные негосударственные пенсионные фонды приобретают открытый характер за счет заключения договоров об обязательном пенсионном страховании, право на участие в котором они получили с 1 января 2004 г.

Негосударственный пенсионный фонд – особая организационно-правовая форма некоммерческой организации социального обеспечения, одним из видов деятельности которого является деятельность в качестве страховщика по обязательному пенсионному страхованию в соответствии с ФЗ «Об обязательном пенсионном страховании в Российской Федерации» и договорами об обязательном пенсионном страховании. Деятельность НПФ в качестве страховщика по обязательному пенсионному страхованию включает в себя аккумулирование средств пенсионных накоплений, организацию инвестирования средств пенсионных накоплений, учет средств пенсионных накоплений застрахованных лиц, назначение и выплату накопительной части трудовой пенсии застрахованным лицам и т.п.

В рамках данной диссертационной работы рассматривается деятельность НПФ по *обязательному пенсионному обеспечению*. Однако не стоит забывать, что НПФ затрагивает еще два крупных направления, такие как негосударственное пенсионное обеспечение и профессиональное пенсионное страхование.

Пенсионные накопления могут быть сформированы за счет:

- средств, которые по заявлению застрахованного лица досрочно выплачены из Пенсионного фонда Российской Федерации в НПФ и еще не переданы управляющей компании, Эти средства учтены в специальной части индивидуального лицевого счета застрахованного лица;
- переданных фондом в доверительное управление управляющей компании средств;
- средств, поступивших в фонд от управляющих компаний для осуществления выплат застрахованным лицам или их правопреемникам и еще не направленных на формирование выплатного резерва, на осуществление выплат трудовых пенсий по старости, на осуществление срочной пенсионной выплаты, единовременной выплаты, выплат правопреемникам;

- выплат, переданных в НПФ предыдущим страховщиком в связи с заключением застрахованным лицом с НПФ договора об обязательном пенсионном страховании;
- средств, поступивших в НПФ от управляющих компаний для передачи в Пенсионный фонд Российской Федерации или другой фонд и еще не переданных в Пенсионный фонд Российской Федерации или другие фонды;
- части имущества, предназначенного для обеспечения уставной деятельности фонда, в случае направления этого имущества на покрытие отрицательного результата от инвестирования пенсионных накоплений по решению совета НПФ.

Согласно Федеральному закону №75-ФЗ от 7 мая 1998 года «О негосударственных пенсионных фондах», субъектами отношений в рамках деятельности НПФ по обязательному пенсионному страхованию являются: негосударственные пенсионные фонды, Пенсионный фонд Российской Федерации, специализированные депозитарии, управляющие компании, вкладчики, участники, застрахованные лица и страхователи.

Вкладчик - физическое или юридическое лицо, являющееся стороной пенсионного договора и уплачивающее пенсионные взносы в фонд.

Страхователь - физическое или юридическое лицо, обязанное перечислять страховые взносы на финансирование накопительной части трудовой пенсии в пользу застрахованного лица в соответствии с Федеральным законом от 15 декабря 2001 года №167-ФЗ "Об обязательном пенсионном страховании в Российской Федерации".

Участник - физическое лицо, которому в соответствии с заключенным между вкладчиком и фондом пенсионным договором должны производиться или производятся выплаты негосударственной пенсии. Участник может выступать вкладчиком в свою пользу.

Застрахованное лицо - физическое лицо, заключившее договор об обязательном пенсионном страховании, или физическое лицо, в пользу которого заключен договор о создании профессиональной пенсионной системы.

1.2 Инвестиционный процесс

Инвестиции – это вложения денежных средств в различные активы с целью получения прибыли, т.е. процесс создания нового капитала. Принято разделять инвестиции на реальные (иначе, имущественные или производственные) и финансовые (нематериальные). В рамках данного диссертационного исследования речь пойдет о финансовых инвестициях. В литературе [3,26-27] под финансовыми инвестициями принято понимать вложения в активы денежного рынка (например, депозиты, краткосрочные финансовые инструменты) и рынка капиталов (например, акции, облигации).

Инвестиционный процесс представляет собой принятие инвестором решения относительно ценных бумаг, в которые осуществляются инвестиции, объемов и сроков инвестирования. В качестве основных этапов инвестиционного процесса можно выделить следующие этапы [3,26-27]:

1. Выбор инвестиционной политики
2. Анализ рынка ценных бумаг
3. Формирование портфеля ценных бумаг
4. Пересмотр портфеля ценных бумаг
5. Оценка эффективности портфеля ценных бумаг.

Первый этап - **выбор инвестиционной политики** – включает определение цели инвестора и объема инвестируемых средств. Инвестор может преследовать различные цели в рамках своей деятельности: это может быть краткосрочное вложение средств с целью быстрого положительного прироста активов или же долгосрочное инвестирование, рассчитанное на постепенное накапливание дохода. Другими словами, для целенаправленного и устойчивого прироста

капитала важно диверсифицировать виды инвестиций в перспективе, при условии текущей устойчивости и окупаемости инвестиционных вложений. Этот этап инвестиционного процесса завершается выбором потенциальных видов финансовых активов для включения в портфель.

Второй этап – **анализ ценных бумаг** – включает изучение отдельных видов ценных бумаг (или групп бумаг). В качестве основных направлений анализа выделяют фундаментальный и технический анализ [29]. Технический анализ предполагает изучение внутренней информации, полученной с рынка. Концепция и методологические принципы данного вида анализа основаны на том предположении, что ключевые элементы рынка подвержены определенным закономерностям, которые с определенной долей вероятности должны появиться в последующем периоде времени. В связи с вышесказанным можно заключить, что технический анализ может быть применен не только для текущей оценки рыночной ситуации, но и для прогнозирования конъюнктуры рынка. В основе фундаментального анализа лежат исследования факторов, которые оказывают влияние на динамику рассматриваемых показателей. Целью фундаментального анализа является определение возможных значений этих факторов в предстоящем периоде. На данном этапе для специалиста-аналитика важно определить те ценные бумаги, которые в текущий момент времени оценены неверно.

На третьем этапе инвестиционного процесса – **формирование портфеля ценных бумаг** – перед инвестором встает задача определения конкретных активов для вложения средств, а также пропорций распределения инвестируемого капитала между выбранными активами.

Четвертый этап инвестиционного процесса – **пересмотр портфеля** – связан с периодическим повторением трех предыдущих этапов. Данный этап становится актуальным, как правило, в тех случаях, когда изменились цели инвестора, конъюнктура рынка и прочие условия, при наступлении которых изначально сформированный портфель перестает быть эффективным. На практике частый

пересмотр портфеля ценных бумаг влечет за собой высокие транзакционные издержки, что может существенно снизить его ожидаемую доходность.

Пятый этап – **оценка эффективности портфеля** – заключается в периодической оценке риска и доходности портфеля. В случае если соотношение данных показателей, по мнению инвестора, расходятся, портфель подлежит пересмотру или продаже.

1.2.1 Современное состояние системы негосударственных пенсионных фондов

Система негосударственных пенсионных фондов, действующая в Российской Федерации по состоянию на 1 января 2015 года [30], насчитывала 120 фондов, имеющих лицензию без ограничения срока действия. Из них 90 зарегистрированы в качестве страховщиков по обязательному пенсионному страхованию, что на 3,2 процента меньше показателя предыдущего года. Это можно объяснить тем, что законодательно требования к НПФ были ужесточены (по части размера уставного капитала) и в результате произошло слияние и уход части НПФ из сферы обязательного пенсионного страхования (см. таблицу 1).

Таблица 1. Показатели деятельности негосударственных пенсионных фондов в сфере обязательного пенсионного страхования

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Общее количество НПФ	270	261	256	240	209	165	149	146	133	118	120
Количество НПФ, осуществляющих деятельность по ОПС в качестве страховщика	0	47	73	91	105	133	133	117	109	93	90
Пенсионные накопления (млрд. руб.)	-	2,01	10,0	26,8	35,5	77,2	155,4	393,7	669,2	1088,4	1132,4
Количество застрахованных лиц по ОПС (млн. чел.)	-	0,65	0,90	1,88	3,64	5,68	7,82	11,88	16,57	22,19	22,07
Средний размер выплат за счет средств пенсионных накоплений в мес. на человека (руб.)	-	-	-	-	-	-	-	106,9	1157,9	1081,2	614,9

К положительным моментам в развитии системы обязательного пенсионного страхования можно отнести повышение уровня финансовой грамотности и информированности населения страны, что способствовало увеличению числа граждан, которые перевели свои пенсионные накопления из Пенсионного фонда Российской Федерации в негосударственные пенсионные фонды. Таким образом, суммарное число клиентов негосударственных пенсионных фондов по ОПС составило 22,07 млн. человек (в процентном выражении этот показатель составляет 27,6% от общего количества застрахованных лиц (79,9 млн. человек)), что на 0,5% меньше, чем количество застрахованных лиц в 2013 году, но на 33,2% больше, чем в 2012 году.

Относительно небольшой прирост средств пенсионных накоплений и количества застрахованных лиц, страховщиком которых является НПФ, аналитики объясняют тем, что в 2014 году страховые взносы на финансирование накопительной части пенсии были направлены на финансирование страховой части пенсии в распределительной составляющей пенсионной системы, а также не реализовывались заявления застрахованных лиц о выборе НПФ или управляющей компании, поданные в 2013-2014 годах. [30-32].

1.2.2 Инвестиционная деятельность негосударственных пенсионных фондов

Всякий финансовый институт, осуществляющий деятельность по инвестированию средств, пытается максимизировать прибыль от инвестирования. Негосударственные пенсионные фонды также ориентированы на получение высоких доходностей при инвестировании средств пенсионных накоплений, однако законодательством они ограничены такими принципами, как [33]

- обеспечение сохранности указанных средств;
- обеспечение доходности, диверсификации и ликвидности инвестиционных портфелей;
- определение инвестиционной стратегии на основе объективных критериев, поддающихся количественной оценке;
- учет надежности ценных бумаг;
- информационная открытость процесса инвестирования средств пенсионных накоплений для органов государственного, общественного надзора и контроля и пр.
- профессиональное управление инвестиционным процессом.

Остановившись подробнее на структуре инвестиционного портфеля пенсионных накоплений НПФ (см. рис. 2), отметим, что в отличие от 2013 года, когда структура совокупного портфеля существенно не изменилась, будучи

консервативной, в 2014 году увеличилась доля облигаций российских эмитентов, в том числе облигаций с ипотечным покрытием (с 38,9% до 46,5%). При этом наблюдается снижение доли средств на счетах в кредитных организациях (с 10,4% до 2,4%) и государственных ценных бумаг (с 4,3% до 2,4%).



Рис. 2 Структура совокупного инвестиционного портфеля НПФ за 2014 год (по данным Минфин РФ)

Таблица 2 Доходность инвестирования средств пенсионных накоплений (% годовых)

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
ГУК	7,33	12,18	5,67	5,98	-0,46	Расш.ИП 5,72 ИП ГЦБ	Расш.ИП 8,17 ИП ГЦБ	Расш.ИП 5,90 ИП ГЦБ	Расш.ИП 8,47 ИП ГЦБ	Расш.ИП 6,90 ИП ГЦБ	Расш.ИП -2,05 ИП ГЦБ
ЧУК	От 8,87 до 42,27	От 2,08 до 51,72	От 5,95 до 39,17	От 1,33 до 7,32	От -55,09 до 2,2	От 7,56 до 110,48	От 0,00 до 33,21	От 17,83 до 7,69	От -0,66 до 13,51	От -6,03 до 9,94	От -9,89 до 7,49
НПФ	-	От 0 до 41,0	От 0 до 24,3	От 0 до 16,7	От -71,26 до 50,2	От 0,7 до 80,8	От 0,1 до 23,91	От -9,86 до 7,63	От -0,01 до 14,2	От -4,4 до 13,3	От -5,23 до 42,24
Инфляция	11,7	10,9	9,0	11,9	13,3	8,8	8,8	6,1	6,6	6,5	11,4

Выводы

В настоящее время на пенсионном рынке четко прослеживается тенденция укрупнения рынка за счет сокращения числа структурных единиц, в частности негосударственных пенсионных фондов. При этом отмечается высокий уровень капитализации средств пенсионных накоплений, переданных в доверительное управление управляющим компаниям и негосударственным пенсионным фондам. В связи с этим актуальной является задача эффективного управления данными денежными ресурсами.

Если говорить о развитии рынка негосударственных пенсионных фондов в целом, то одним из ключевых моментов, тормозящих его развитие, является частый пересмотр действующих норм пенсионного законодательства и высокая доля участия государства. Отметим, что в развитых странах, таких, например, как США, Великобритания, наблюдается умеренный контроль над работой пенсионных фондов и регулирование заключается в основном в учете ограничений на доли вложений в различные инвестиционные инструменты.

Сложность законодательных аспектов, недостаточно проработанная научная база, возможное изменение схемы формирования накопительной составляющей пенсии (по данным СМИ от 2015 год) – проблемы, которые обуславливают актуальность данной диссертационной работы. Таким образом, задачами исследования являются:

- анализ методов и методик оценки инвестиционной привлекательности финансовых инструментов, допущенных к инвестированию;
- создание модели формирования и управления инвестиционного портфеля пенсионных накоплений;
- разработка системы поддержки принятия решений инвестора при управлении сформированным инвестиционным портфелем пенсионных накоплений.

Глава 2. Формирование инвестиционного портфеля пенсионных накоплений

В современном мире принято считать, что инвестиции в облигации являются более рискованными, чем вклады на депозит в банке. Но это не всегда так. Вкладывая деньги в банк, инвестор получает гарантию Российской Федерации на 700 000 руб, остальная часть инвестиций подвержена рискам банка. Прецедент по неуплате обязательств по облигациям в России в последний раз был зафиксирован 13 лет назад. Второй положительный момент при инвестировании в облигации – появление возможности заработать больше, чем купонный доход, за счет управления инвестиционным портфелем, в то время как при работе с депозитом больше заявленной процентной ставки получить не удастся [34]. Однако не стоит забывать, что при работе с портфелем облигаций, имея желание варьировать доход, стратегия «купил и забыл» не подходит. В связи с этим возникает объективная потребность в разработке методик и моделей, позволяющих оценить инвестиционную привлекательность облигационных займов.

2.1 Методика оценки инвестиционной привлекательности облигаций муниципальных и субфедеральных заемщиков [35]

В данном параграфе подробно рассмотрены облигации субфедеральных и муниципальных заемщиков Российской Федерации, и ставится задача упорядочивания рассматриваемых ценных бумаг по качеству (соотношение риска и доходности) для последующего включения выбранных позиций в инвестиционный портфель пенсионных накоплений. Для достижения указанной цели поставлены и решены следующие ключевые задачи:

1. анализ пенсионного законодательства для определения ограничений на ценные бумаги – их количественный и качественный состав;
2. анализ основных факторов риска при анализе инвестиционной привлекательности субъекта/муниципалитета-эмитента;
3. разработка и реализация методики ранжирования облигаций субфедеральных и муниципальных заемщиков по уровню доходности и риска.

2.1.1 Понятие и сущность муниципальных и субфедеральных долговых обязательств

В развитых странах рынок муниципальных займов является одним из динамичных, высокотехнологичных и значительных по масштабам операций сегментов национальных фондовых рынков. Муниципальные облигации считаются одними из самых надежных долговых инструментов, уступающими только ценным бумагам центрального правительства [38]. Муниципальными облигациями обычно называют ценные бумаги, выпускаемые местными органами власти и управления. В России отдельно рассматривают муниципальные облигации, выпущенные от имени муниципалитета, и субфедеральные, эмитентом которых выступает РФ.

Исторически, одними из первых региональные облигации в России были выпущены в 1992 г. Первопроходцами на рынке долговых обязательств стали Московская, Нижегородская и Пермская области, а также Хабаровский край. В 1992-1993 гг. эмиссия облигаций и других краткосрочных долговых обязательств носила экспериментальный характер, размещение и обращение происходили на изолированных друг от друга региональных рынках, имевших слабую и неподготовленную инфраструктуру. Суммарный объем выпусков субфедеральных и муниципальных ценных бумаг (не включая векселя) в данный период составлял всего около 1,2% дефицита региональных бюджетов. Крайне медленное развитие этого сегмента фондового рынка объяснялось главным

образом гиперинфляцией и отсутствием соответствующей четкой нормативно-правовой базы [38-39].

Период 1995-1997 гг. считается периодом активного развития рынка, на протяжении которого на рынок вышли крупнейшие эмитенты. В 1996 году была создана Федеральная комиссия по рынку ценных бумаг, деятельность которой заключалась в обеспечении проведения государственной политики в области рынка ценных бумаг. Положительная тенденция развития рынка государственных, субфедеральных и муниципальных, а также корпоративных облигаций постепенно начала снижаться из-за спекулятивно настроенных участников рынка. Т.к. в России, в отличие от большинства стран с развитой рыночной экономикой, основным сегментом фондового рынка служил рынок государственных ценных бумаг, то спекулянты постепенно превратили его в обычную финансовую пирамиду (за весь период существования ГКО-ОФЗ доходности колебались от 30 до 200%). И в 1998 г. все финансовые рынки России рухнули – кризис затронул практически все сегменты. Эксперты считают, что по большинству позиций фондовый рынок России в целом оказался отброшенным на 3-5 лет назад.

На протяжении нескольких лет после кризиса 1998 г. субфедеральные и муниципальные образования не имели возможности выхода на внутренний рынок заимствований. Согласно [39] зарождение рынка долговых обязательств правомерно датировать 2001 г., когда был размещен первый после кризиса рублевый облигационный выпуск муниципального заемщика. Вместе с тем развиваться рынок начал только во второй половине 2002 г., демонстрируя вплоть до 2004 г. низкий уровень ликвидности вторичных торгов. До 2005 г. на рынке субфедеральных займов наблюдался качественный рост, основными характеристиками которого считаются: увеличение размера займа, выход на рынок небольших муниципалитетов, удлинение дюрации займа, оптимизации структуры займа и др.

В последнее время в связи с выходом на фондовый рынок крупных институциональных инвесторов особую важность приобретает вопрос оценки инвестиционной привлекательности облигаций субфедеральных и муниципальных заемщиков. Анализ научной литературы по проблемам заимствования субфедеральных и муниципальных уровней власти указывает на то, что исследования в основном направлены на освещение общих вопросов, касающихся развития, истории, особенностей и т.д. Недостаточно проработана практическая база этого вопроса с учётом российской специфики.

2.1.2 Анализ пенсионного законодательства

С 1 января 2002 года Пенсионная система Российской Федерации действует в рамках распределительно-накопительного принципа, находясь в рамках законов [21-22,41-44]. Эти законы устанавливают круг участников российской пенсионной системы, основы государственного регулирования обязательного пенсионного страхования в Российской Федерации, основания возникновения и порядок реализации прав граждан РФ на трудовые пенсии, а также правовые основы отношений по формированию и инвестированию средств пенсионных накоплений, предназначенных для финансирования накопительной части трудовой пенсии.

В настоящее время пенсионные накопления могут быть размещены в следующие классы активов:

1. государственные ценные бумаги Российской Федерации;
2. государственные ценные бумаги субъектов Российской Федерации;
3. облигации российских эмитентов;
4. акции российских эмитентов, созданных в форме открытых акционерных обществ;
5. паи (акции, доли) индексных инвестиционных фондов, размещающих средства в государственные ценные бумаги иностранных государств, облигации и акции иных иностранных эмитентов;

6. ипотечные ценные бумаги, выпущенные в соответствии с законодательством Российской Федерации об ипотечных ценных бумагах;
7. денежные средства в рублях на счетах в кредитных организациях;
8. депозиты в валюте Российской Федерации и в иностранной валюте в кредитных организациях;
9. иностранную валюту на счетах в кредитных организациях;
10. ценные бумаги международных финансовых организаций, допущенных к размещению и (или) публичному обращению в Российской Федерации в соответствии с законодательством Российской Федерации о рынке ценных бумаг.

Для реализации диссертационного исследования особое внимание уделялось выделению ограничений при формировании инвестиционного портфеля пенсионных накоплений (см. таблицы 3-4).

Таблица 3. Портфельные ограничения по видам активов

Активы	Ограничения, в % от активов (не более)
Государственные ценные бумаги Российской Федерации	Нет ограничений
Государственные ценные бумаги субъектов Российской Федерации и муниципальные облигации	40
Облигации российских эмитентов, за исключением государственных ценных бумаг Российской Федерации и ценных бумаг субъектов Российской Федерации и облигаций, обязательства по которым гарантированы Российской Федерацией, а также облигаций, эмитенту которых присвоен рейтинг долгосрочной кредитоспособности по обязательствам в валюте Российской Федерации или иностранной валюте одним из международных рейтинговых агентств «Фитч Рейтингс» (Fitch-Ratings), «Стандарт энд Пурс» (Standard & Poor's) и «Мудис Инвесторс Сервис» (Moody's Investors)	80

Service), аккредитованных в порядке, установленном федеральным органом исполнительной власти в области финансовых рынков, на уровне не ниже суверенного рейтинга Российской Федерации по обязательствам в валюте Российской Федерации или иностранной валюте	
Акции российских эмитентов, являющихся открытыми акционерными обществами	65
Ипотечные ценные бумаги, выпущенные в соответствии с законодательством об ипотечных ценных бумагах	40
Депозиты и денежные средства на счетах в банках	80
Паи (акции, доли) индексных инвестиционных фондов, размещающих средства в ценные бумаги иностранных эмитентов (средства, размещенные в ценные бумаги иностранных эмитентов)	20
Облигации международных финансовых организаций	20

Отметим, что минимальных ограничений по долям тех или иных активов в инвестиционном портфеле пенсионных накоплений законодательством не предусмотрено, а для облигаций, выпускаемых федеральным правительством, отсутствуют и максимальные доли. Более того, установлены некоторые ограничения на ценные бумаги одного эмитента или группы связанных эмитентов в инвестиционном портфеле – их число не должно превышать 10% (исключение составляют государственные ценные бумаги Российской Федерации, ценные бумаги, обязательства по которым гарантированы Российской Федерацией, а также ипотечные ценные бумаги). Это ограничение направлено на снижение риска инвестирования в ценные бумаги одной компании.

Таблица 4. Портфельные ограничения по структуре портфеля

Активы	Ограничения, в % от активов (не более) или иное
Ценные бумаги одного эмитента или группы связанных эмитентов (за исключением государственных ценных бумаг Российской Федерации, ценных бумаг, обязательства по которым гарантированы Российской Федерацией, ипотечных ценных бумаг и ценных бумаг, эмитенту которых присвоен рейтинг долгосрочной кредитоспособности по обязательствам в валюте Российской Федерации или в иностранной валюте одним из международных рейтинговых агентств, аккредитованных в порядке, установленном федеральным органом исполнительной власти в области финансовых рынков, на уровне не ниже суверенного рейтинга Российской Федерации по обязательствам в валюте Российской Федерации или в иностранной валюте)	10
Депозиты в кредитной организации и ценные бумаги, эмитированные этой кредитной организацией	25
Ценные бумаги, эмитированные аффилированными лицами управляющей компании и специализированного депозитария	10
Депозиты в кредитных организациях аффилированных с управляющей компанией	20
Акции одного эмитента	10
Облигации одного эмитента (за исключением государственных ценных бумаг Российской Федерации, ценных бумаг, обязательства по которым гарантированы Российской Федерацией, ипотечных ценных бумаг и	40

ценных бумаг, эмитенту которых присвоен рейтинг долгосрочной кредитоспособности по обязательствам в валюте Российской Федерации или в иностранной валюте одним из международных рейтинговых агентств, аккредитованном в порядке, установленном федеральным органом исполнительной власти в области финансовых рынков, на уровне не ниже суверенного рейтинга Российской Федерации по обязательствам в валюте Российской Федерации или в иностранной валюте)	
Ценные бумаги одного эмитента (за исключением государственных ценных бумаг Российской Федерации, ценных бумаг, обязательства по которым гарантированы Российской Федерацией, ипотечных ценных бумаг и ценных бумаг, эмитенту которых присвоен рейтинг долгосрочной кредитоспособности по обязательствам в валюте Российской Федерации или в иностранной валюте одним из международных рейтинговых агентств, аккредитованных в порядке, установленном федеральным органом исполнительной власти в области финансовых рынков, на уровне не ниже суверенного рейтинга Российской Федерации по обязательствам в валюте Российской Федерации или в иностранной валюте)	Не более 50% совокупного объема находящихся в обращении ценных бумаг данного эмитента
Денежные средства в рублях и иностранной валюте на счетах в кредитных организациях, депозиты в валюте Российской Федерации и иностранной валюте в кредитных организациях	80
Ценные бумаги иностранных эмитентов	20

К еще одному общему для всех бумаг ограничению относят ограничение на максимальную долю ценных бумаг одного эмитента – не более 50 процентов совокупного объема находящихся в обращении ценных бумаг данного эмитента, за исключением государственных ценных бумаг Российской Федерации, ценных бумаг, обязательства по которым гарантированы Российской Федерацией, а также ипотечных ценных бумаг, выпущенных в соответствии с законодательством Российской Федерации об ипотечных ценных бумагах и удовлетворяющих требованиям, установленным Правительством Российской Федерации.

Условием приобретения ценных бумаг, помимо вышеописанных требований, является обращение на организованном рынке ценных бумаг. Исключением являются государственные ценные бумаги, выпущенные для институциональных инвесторов, и ценные бумаги при первичном размещении при соблюдении критериев, установленных уполномоченным федеральным органом исполнительной власти по согласованию с федеральным органом исполнительной власти в области финансовых рынков.

2.3.2 Анализ факторов риска

Оценка инвестиционной привлекательности облигационного займа – неотъемлемая часть процесса принятия решения об участии в размещении и/или обращении ценных бумаг [45]. Инвестиционная привлекательность представляет собой результат комплексной оценки совокупности благоприятных и неблагоприятных факторов внутренней и внешней среды инвестиционного объекта с позиции инвестора, определяющий его решение об инвестировании в этот объект [46].

В качестве основных критериев оценки инвестиционной привлекательности облигационных займов региональных или муниципальных заемщиков выделяют три ключевых типа критериев: ***критерии инвестиционной привлекательности эмитента*** (кредитное качество (риск) и кредитный рейтинг эмитента); ***критерии***

инвестиционной привлекательности облигационного займа (ликвидность, объем, дюрация выпуска и т.д.), *макроэкономические и политические факторы*.

Под термином «кредитный риск эмитента» понимается вероятность полного или частичного неисполнения эмитентом обязательств по обслуживанию заимствований и погашению основного долга по ним в связи с возникшей неплатежеспособностью, форс-мажорными обстоятельствами и т.д. [43]. Среди показателей кредитного риска эмитента наиболее значимым являются:

1. дефолт, согласно [47] определяемый как наиболее яркое проявление кредитного риска;
2. дефицит/профицит бюджета;
3. собственные доходы субъекта/муниципалитета;
4. долговая нагрузка на бюджет.

2.3.3 Описание методики оценки инвестиционной привлекательности облигаций [35]

В этом параграфе представляется методика оценки инвестиционной привлекательности облигаций муниципальных и субфедеральных заемщиков, которая включает в себя 4 этапа:

- этап формирования массива входных данных
- этап ранжирования облигаций по доходности
- этап ранжирования облигаций по риску
- расчет итогового показателя

Этап 1. Формирование массива входных данных. В качестве начальных входных данных на момент времени t_0 принимаются облигации $B = \{B_i, i = \overline{1, n}\}$, срок погашения которых на момент t_0 не наступил [48]. Далее из массива B исключаются бумаги, не удовлетворяющие требованиям пенсионного законодательства. В завершении Этапа 1 формируется новый массив

$\tilde{B} = \{B_i, i = \overline{1, k}, k \leq n\}$, все элементы которого на выходе могут быть включены в инвестиционный портфель.

Этап 2. Ранжирование по доходности.

Под ранжированием будем понимать представление объектов в виде последовательности в соответствии с убыванием их предпочтительности [49]. Или другими словами ранжирование представляет собой процедуру упорядочивания объектов, выполняемую лицом, принимающим решение, или экспертом. Т.е. лицо принимающее решение или эксперт упорядочивает объекты в порядке предпочтения, используя при этом выбранные показатели сравнения.

На данном этапе для каждого элемента массива $\tilde{B}$ определяется ставка доходности $v = \{v_i, i = \overline{1, k}\}$. В качестве ставки доходности могут быть приняты:

- **доходность к погашению**, определяемая как показатель, характеризующий норму доходности от инвестиций в облигации, при условии покупки их до погашения. При этом доходность к погашению может рассчитываться как с учетом реинвестирования купонных платежей в течение года (эффективная доходность), так и без учета реинвестирования купонных платежей в течение года (номинальная (простая) доходность). Эффективная доходность к погашению v_{eff}

находится из уравнения
$$P = \sum_{i=1}^T \frac{C_i + N_i}{(1 + v_{eff})^{\frac{t_i - t_0}{365}}},$$
 где P - текущая цена облигации с

учетом накопленного купонного дохода (НКД); C_i - купонная выплата в момент времени t_i ; t_0 - текущая дата; N_i - номинал (часть номинала), выплачиваемый в момент времени t_i ; T – количество выплат по облигации. Номинальная (простая)

доходность к погашению v_{nom} находится из уравнения $1 + v_{eff} = (1 + \frac{v_{nom}}{T})^T$, где v_{eff} - эффективная доходность к погашению; T – количество выплат по облигации.

- **текущая доходность** – показатель доходности по облигации, учитывающий только текущий купонный период, при этом предполагается, что

чистая цена облигации на протяжении этого периода останется неизменной.

Текущая доходность CY рассчитывается по формуле $CY = \frac{P + C}{P + NKD} \cdot \frac{365}{t_1 - t_0}$, где P

– текущая цена; NKD – накопленный купонный доход; C – размер купона; t_0 – текущая дата; t_1 – дата выплаты ближайшего купона.

Методологически эффективная доходность к погашению является наиболее корректным показателем. Номинальная и текущая доходности рассчитываются часто как вспомогательные показатели.

После того как каждому элементу массива $\tilde{B}$ поставлен в соответствие элемент массива v ($\tilde{B}_i \leftrightarrow v_i, i = \overline{1, k}$), происходит упорядочивание массива $\tilde{B}$ по убыванию значений элементов массива v . В завершении Этапа 2 необходимо каждому элементу $\tilde{B}$ присвоить ранг $l0_i$, $l0 = \{l0_i = i, i = \overline{1, k}\}$.

Этап 3. Ранжирование по риску.

Данный этап методики реализуем с помощью метода качественной оценки рисков, а именно с помощью метода построения матриц риска.

На данном этапе каждому элементу массива $\tilde{B}$ необходимо поставить в соответствие элемент массива R ($\tilde{B}_i \leftrightarrow R_i, i = \overline{1, k}$), в который записаны значения составного показателя риска для каждой облигации, входящей в $\tilde{B}$.

3.1. На основании данных об исполнении бюджетов субъектов/муниципалитетов и долговых книг [50] для каждого элемента массива $\tilde{B}$ рассчитываются основные показатели кредитного риска эмитента:

def - дефицит/профицит бюджета. *def* рассчитывается как разность доходов и расходов. Если *def* < 0, то возникает бюджетный дефицит, иначе – бюджетный профицит. Для того чтобы нивелировать различия в бюджетах субъектов/муниципалитетов необходимо уровень дефицита/профицита из денежного выражения перевести в процентное выражение от величины исполнения доходов.

dolg - долговая нагрузка - отношение долга к собственным доходам бюджета.

На данном этапе также составляется таблица рейтингов субъектов/муниципалитетов, присвоенных ведущими рейтинговыми агентствами Standard&Poor's [51], Moody's Investors Service [52], Fitch Ratings [53] и устанавливается вероятность (см. табл. 5) и факт неисполнения обязательств (дефолта) каждым субъектов/муниципалитетом (по кредитной истории эмитента).

Таблица 5. Оценка кумулятивной вероятности дефолта (%) в течение трех лет

Standard&Poor's		Moody's Investors Service		Fitch ratings	
Рейтинг	Вероятность дефолта, %	Рейтинг	Вероятность дефолта, %	Рейтинг	Вероятность дефолта, %
AAA	0,05	Aaa	0,00	AAA	0,01
AA+	0,00	Aa1	0,00	AA+	0,02
AA	0,00	Aa2	0,06	AA	0,06
AA-	0,18	Aa3	0,19	AA-	0,08
A+	0,16	A1	0,33	A+	0,21
A	0,14	A2	0,14	A	0,23
A-	0,35	A3	0,25	A-	0,33
BBB+	0,59	Baa1	0,52	BBB+	0,42
BBB	0,71	Baa2	0,60	BBB	0,79
BBB-	0,99	Baa3	1,34	BBB-	1,82
BB+	3,15	Ba1	3,86	BB+	3,20
BB	4,13	Ba2	5,05	BB	4,75
BB-	6,79	Ba3	11,89	BB-	7,77
B+	10,43	B1	14,81	B+	11,68
B	20,41	B2	20,28	B	15,11
B-	22,37	B3	27,27	B-	20,32
CCC- --C	33,11	Caa1 -- C	34,23	CCC+	26,37
				CCC	24,79
				CCC-	38,38

3.2. После того как данные по каждому показателю получены, на основании оценок экспертов каждому из них присваивается ранг от 1 до k , начиная от

лучших показателей к худшим показателям. На выходе получены массивы весов $l1, l2, l3, l4, l5, l6$. Массивы весов соответствуют следующему:

$l1$ – ранг по долговой нагрузке;

$l2$ – ранг по дефициту/профициту бюджета;

$l3$ – ранг по рейтингу агентства Standard&Poor's;

$l4$ – ранг по рейтингу агентства Moody's Investors Service;

$l5$ – ранг по рейтингу агентства Fitch Ratings;

$l6$ – ранг по дефолту.

3.3. В завершении Этапа 2 необходимо рассчитать общий показатель риска l для каждого элемента массива $\tilde{B}$: $l = \sum_{i=1}^m l_i \cdot \alpha_i$, где m – количество показателей риска; α_i – весовые коэффициенты, причем $\sum_{i=1}^m \alpha_i = 1$.

В результате реализации Этапа 3 для каждой облигации получили число – безразмерный показатель риска, которое в дальнейшем будет использовано при сравнении с другими облигациями из сформированного списка. Число – показатель риска для отдельно взятой облигации, без рассмотрения аналогичных величин для других облигаций списка, не имеет смысла. Их необходимо рассматривать только в совокупности.

Этап 4. Расчет итогового показателя. На данном этапе для каждого элемента массива $\tilde{B}$ рассчитываются величины $R = \sum_{i=1}^k (\beta_0 \cdot l_{0i} + \beta_1 \cdot l_i)$, где β_0, β_1 – веса для показателей доходности и риска, $\beta_0 + \beta_1 = 1$. Упорядочивая массив $\tilde{B}$ по убыванию соответствующих элементов массива R , будет получен список облигаций, проранжированный по оптимальному с точки зрения управляющего соотношению доходности и риска.

Преимущества предложенной методики:

- простота применения и отсутствие необходимости создания математической модели оценки риска;

- возможность использования знаний и опыта экспертов.

Недостатки предложенной методики:

- субъективность оценки;
- невозможность автоматизации и формализации.

При использовании вышеописанной методики важно ориентироваться, как тот или иной выпуск облигаций расположен относительно кривой бескупонной доходности (G-кривой). *Кривая бескупонной доходности (G-кривая)* – общепринятый способ описания временной структуры процентных ставок для однородных финансовых инструментов (долговых ценных бумаг) со сходными качественными характеристиками, в том числе близкого кредитного качества.

G-кривая строится на основании сделок с ГКО-ОФЗ и позволяет оценивать характеристики облигаций, учитывая спреды по отношению к государственным ценным бумагам; выявлять целесообразность совершения сделок с недооцененными и переоцененными облигациями. Для описания G-кривой используется параметрическая модель Нельсона-Сигеля с добавлением корректирующих членов:

$$R(t) = \beta_0 + (\beta_1 + \beta_2) \frac{\tau}{t} \left[1 - \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) \right] - \beta_2 \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) + g_1 \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right) + g_2 \exp\left(-\frac{(t-1)^2}{2}\right) + g_3 \exp\left(-\frac{(t-2)^2}{2}\right), \quad (2.1)$$

где первые три слагаемых – модель Нельсона-Сигеля, остальные слагаемые – корректирующие добавки для более точного описания начала G-кривой. Более подробно с методикой расчета кривой бескупонной доходности по государственным ценным бумагам можно ознакомиться в работе [54]. Для построения G-кривой все необходимые параметры находятся в свободном доступе на сайте Центрального банка Российской Федерации [55]. Пример карты облигаций относительно G-кривой представлен на рис.3

(1). Для работы был выбран второй вариант как более точный, т.к. на сайте ЦБ приводятся среднегодовые значения параметров, а по данным ММВБ можно вычислять ежедневные значения.

Принцип работы программы заключается в следующем: при запуске, она автоматически считывает данные с сайтов (ММВБ - дюрацию и доходность по средневзвешенной цене, ЦБ - параметры β_0 , β_1 , β_2 , τ , g_1 , g_2 , g_3) и с помощью формулы (2.1) строит график G-кривой. Построенный график «Доходность облигационных выпусков муниципальных образований (G-кривая)» формируется в отдельном графическом файле с расширением *.png.

2.4 Формирование инвестиционного портфеля

2.4.1 Обзор существующих моделей формирования инвестиционного портфеля

В классической теории под портфелем понимается набор ценных бумаг, обращающихся на финансовом рынке. С учетом высокой волатильности финансовых рынков главная цель формирования инвестиционного портфеля заключается в достижении оптимального баланса между желаемой доходностью и риском, который определяется в зависимости от предпочтений инвестора. Для получения основных количественных характеристик инвестиционного портфеля существуют различные подходы [3,58-59]. Началом современной теории портфельных инвестиций можно считать год выхода статьи нобелевского лауреата Гарри Марковица “Portfolio selection”. [1]. В этой работе впервые была предложена математическая модель формирования оптимального портфеля ценных бумаг, а также были приведены методы построения таких портфелей при определенном наборе ограничений. В теории Марковица особый интерес представляет идея диверсификации [9,60]. Под диверсификацией понимается процесс распределения инвестиционных средств между различными объектами вложения капитала, которые непосредственно не связаны между собой, с целью

снижения степени риска и потерь доходов. Более того, Марковиц предложил рассматривать понятия доходности и риска с математической точки зрения, используя теоретико-вероятностный подход.

Классическая портфельная теория Марковица основана на следующих основных допущениях:

1. рынок состоит из конечного числа активов со случайными доходностями;
2. на основании статистических данных инвестор может получить оценки ожидаемых (средних) значений доходностей, их попарных ковариаций и степеней возможности диверсификации риска;
3. инвестор может формировать любые инвестиционные портфели из допустимого множества портфелей для данной модели;
4. критериями сравнения выбираемых портфелей являются показатели средней доходности и риска;
5. инвестор не склонен к риску, т.е. из двух портфелей, имеющих одинаковую доходность, он выберет портфель с меньшим риском.

Позднее, продолжая развивать модель Г.Марковица, Д. Тобин включил в рассмотрение безрисковые активы, и основной проблемой формирования портфеля стала задача рационального распределения между рисковыми и безрисковыми активами. У. Шарп также использовал результаты исследований Г. Марковица в качестве отправного пункта для дальнейших исследований, в ходе которых определил влияние модели Марковица на цены финансовых активов. Предположив, что в любой момент цены на активы будут изменяться, чтобы обеспечить равновесие спроса и предложения каждого рискового актива, он продемонстрировал, что ожидаемые показатели доходности рискованных активов должны иметь специфическую структуру [2].

Последователями классической теории портфельного инвестирования предлагается следующий подход: каждое конкретное значение r доходности актива является реализацией некоторой случайной величины. Задаче описания

эволюции цен активов посвящены работы [6,60-61]. Тем самым, зная уравнение, описывающее динамику изменения цены (доходности) ценной бумаги, для анализа свойств инвестиционного портфеля можно использовать следующие характеристики случайных величин:

1. математическое ожидание - используется для определения среднего, рассчитанного по всем значениям случайной величины с учетом частоты их возможного появления.
2. дисперсия или среднеквадратичное отклонение
3. ковариация случайных величин - отражает тесноту связи между двумя или более активами.

Математическая модель портфеля ценных бумаг Г. Марковица может быть представлена в виде:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \theta_i \theta_j b_{i,j} \rightarrow \min$$

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n \theta_i = 1, \\ \sum_{i=1}^n m_i \theta_i = m_p, \\ \theta_1 \geq 0, \dots, \theta_n \geq 0. \end{cases} \quad (2.2)$$

где $m = (m_1, m_2, \dots, m_n)$ - вектор доходностей рискованных активов; m_p - ожидаемая доходность по портфелю ценных бумаг; $\theta = (\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_n)$ - вектор, определяющий долю каждого актива в портфеле; $B = [b_{i,j}]_{n \times n}$ - положительно определенная матрица ковариаций доходностей. Последнее условие модели является обязательным и накладывает условие неотрицательности на доли ценных бумаг в портфеле или, другими словами, запрет на короткие позиции (short sale). Поэтому особенностью модели Марковица является ограниченность доходности по наибольшей доходности активов, входящих в портфель. Резюмируя вышесказанное, заключаем, что по модели Марковица определяются величины,

характеризующие объем инвестиций и уровень риска, что дает возможность сравнивать между собой различные альтернативы инвестирования капитала с точки зрения поставленных целей.

Модель портфеля с безрисковым активом (модель Тобина) имеет вид

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \theta_i \theta_j b_{i,j} \rightarrow \min$$

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n \theta_i + \theta_0 = 1 \\ \sum_{i=1}^n m_i \theta_i + m_0 = m_p, \\ \theta_i \geq 0, i = 0, \dots, n. \end{cases} \quad (2.3)$$

Здесь θ_0 – доля вложения в безрисковый актив; m_0 – доходность безрискового актива.

Ценовая модель рынка капитала (capital asset pricing model, CAPM) представляет собой равновесную теорию, базирующуюся на основных принципах формирования инвестиционного портфеля. Толчком для ее создания послужили поиски ответа на вопрос: какими должны быть премии за риск, на которые согласны инвесторы в ситуации рыночного равновесия, если бы они руководствовались одними и теми же прогнозами относительно ожидаемых ставок доходностей и рисков инвестиций в ценные бумаги, делая при этом оптимальный выбор в соответствии с принципами эффективной диверсификации? Согласно данной модели, для большинства инвесторов результаты их пассивной стратегии, предусматривающей комбинирование безрисковых активов с вложениями в акции инвестиционных фондов, придерживающихся стратегии индексирования при операциях с рискованными ценными бумагами, так же хороши, как если бы они вели активный поиск ценных бумаг и пытались «победить» рынок. Еще одно заключение можно сделать, опираясь на теорию данной модели, что премия за риск для каждой отдельной ценной бумаги пропорциональна только ее вкладу в совокупный риск всего рыночного портфеля.

Премия за риск не зависит от риска, присущего ей в отдельности. Таким образом, в соответствии с моделью CAPM, в условиях равновесия инвесторы получают вознаграждение, соответствующее более высокой ожидаемой ставке доходности, только при принятии на себя всего рыночного риска.

В модели CAPM в качестве показателя, характеризующего чувствительность финансового актива к изменениям рыночной доходности, используется показатель β (бета).

В отличие от CAPM, представляющей собой однофакторную модель, в которой риск является функцией одного фактора β – коэффициента, выражающего зависимость между доходностью ценной бумаги и доходностью рынка, С.Росс предложил метод, названный теорией арбитражного ценообразования (Arbitrage Pricing Theory – APT). Концепция APT предусматривает возможность включения любого количества факторов риска, так что зависимость между доходностью и рисками в общем случае является многофакторной. Существенным недостатком данной модели является тот факт, что на практике трудно выяснить какие именно факторы риска нужно включить в модель.

2.4.2 Стратегия иммунизации

Проблема абсолютного неприятия процентного риска и полного его устранения получила свое распространение в XX веке. В это время процентные ставки, ранее являющиеся относительно стабильными, становились все более и более волатильными. Ученые-экономисты показали, что возросшая изменчивость процентных ставок обусловлена в первую очередь сменой макроэкономического течения.

Практика работы рынка обязательств показывает, что доходности идентичных облигаций, отличающихся лишь сроками до погашения, отличаются между собой. Для определения зависимости процентных ставок от времени вводится понятие кривой доходности (yield curve). В общем случае кривая

доходности представляет собой графическое изображение зависимости между уровнем доходности и сроком до погашения ценных бумаг на определенный момент времени. Отметим, что вид кривой доходности не является постоянным в виду того, что доходности ценных бумаг ежедневно изменяются (флуктуируют). Кривая доходности чаще всего имеет возрастающий наклон; это объясняется прямой зависимостью стоимости капитала от срока заимствования. Горизонтальный или убывающий вид кривой доходностей свидетельствует об отсутствии зависимости или об обратной зависимости доходности от времени соответственно.

Способы управления портфелем долговых обязательств обычно разделяют на пассивные, активные, смешанные [62-63]. Пассивной стратегии управления придерживаются инвесторы, которые полагают, что рынок является эффективным в отношении поступающей информации, т.е. доступная широкому кругу инвесторов информация сразу и в полной мере отражается в цене актива. При активной стратегии управления портфелем предполагается, что рынок не вполне эффективен. Другими словами, активная стратегия управления подразумевает наличие на фондовом рынке недооцененных и переоцененных активов. При этом перед инвестором ставится задача выявить неверно оцененные финансовые активы и правильно сыграть на сроках инвестирования.

Термин дюрация в контексте инструмента управления рисками имеет долгую историю. Впервые понятие дюрации было в 1938 году введено Ф. Маколи [62] и означало более точную в сравнении со сроком до погашения величину зависимости доходности облигаций или других ценных бумаг с фиксированным доходом от времени. Если говорить точнее, то в заданный момент времени дюрация определяет средневзвешенное сроков времени до наступления оставшихся платежей. Таким образом, формула для расчета дюрации может быть записана следующим образом:

$$D = \sum_{i=1}^T t_i \frac{C_i \cdot d(t_i)}{P}, \quad (2.4)$$

где C_i - выплаты в момент времени t_i ; $d(t_i) = \frac{1}{(1 + v)^{t_i}}$ - дисконтирующий множитель для выплат C_i с эффективной доходностью к погашению v ; P - современная стоимость финансового потока. Существуют различные версии для расчета дюрации, отличающиеся заданием дисконтирующих множителей. Однако формула Маколи для расчета дюрации, предполагающая равенство процентных ставок для всех сроков, более широко применяется на практике.

С введением понятия дюрации связана стратегия управления инвестиционным портфелем долговых обязательств, известная как *стратегия иммунизации*. Эта стратегия позволяет портфельному управляющему застраховать сформированный портфель от будущих колебаний процентных ставок и тем самым сохранить ожидаемый доход от инвестирования. Ее изучением занимались такие ученые, как П. Самуэльсон, Ф. Рэддингтон, акцентируя внимание на регулировании процентных рисков финансовых институтов. [65-67]. Для портфеля облигаций ценовой и реинвестиционный риски противоположны друг другу. Первый – это риск того, что процентная ставка возрастет, снизив, таким образом, стоимость портфеля. Второй – риск того, что процентная ставка упадет, отразившись на будущих выплатах от реинвестирования. Основанная на этих двух противовесных рисках стратегия защиты от ценового риска называется иммунизацией (immunization) [28].

В большинстве случаев применения иммунизации клиент определяет приемлемый уровень кредитного риска. В этом случае выбор выпусков для иммунизированного портфеля ограничивается теми облигациями, кредитный рейтинг которых совпадает с выбранным или выше его. Чем больше кредитный риск, допускаемый клиентом, тем больше требуемая доходность, но тем больше риск того, что иммунизированный портфель не даст такую доходность из-за неплатежей по выпускам или снижения рейтинга. Когда минимальный кредитный риск определен и иммунизированный портфель построен, портфельный менеджер должен просмотреть отдельные выпуски на предмет возможного снижения

кредитного качества. Если кредитный рейтинг выпуска опустится ниже минимального рейтинга качества, то этот выпуск должен быть продан или должен быть снижен приемлемый уровень риска [28].

Если спектр приемлемых выпусков содержит корпоративные облигации, то требуемая доходность может быть не реализована, если портфель содержит выпуск, который отзывается в течение инвестиционного периода. Риск отзыва может не возникнуть, если использовать лишь неотзывные облигации или отзывные облигации с большим дисконтом. Этот подход также имеет свою цену. Так как неотзывные облигации и отзывные облигации с большим дисконтом предлагают более низкую по сравнению с отзывной доходность при низких рыночных процентных ставках, то использование в иммунизации только этих бумаг снижает требуемую доходность и, следовательно, увеличивает стоимость финансирования. Кроме того, поиск приемлемых неотзывных облигаций может быть затруднен. За иммунизированным портфелем, который содержит отзывные выпуски, необходимо тщательно следить, продавая выпуски, которые скорее всего будут отозваны, заменяя их выпусками облигаций с меньшей вероятностью отзыва [28].

После того как определен спектр приемлемых облигаций и сформулированы ограничения, портфельный менеджер имеет большое число вариантов для начального построения иммунизированного портфеля и его последующих перестроек. Для однозначного выбора портфеля необходимо определить целевую функцию, а затем, используя методы математического программирования, выбрать оптимальный портфель, который будет ее минимизировать [28].

Увеличение контроля пенсионного учета, влияние выбранной политики инвестирования средств пенсионных накоплений, а также способы уполномоченных институтов удовлетворения своих обязательств привели к переосмыслению вопросов инвестирования средств пенсионных накоплений. Среди множества идей и мнений массовое обсуждение получило предложение о

том, что управляющие средствами пенсионных накоплений должны полностью перейти от инвестирования в акции к инвестированию в облигации, либо существенно сократить рисковую часть инвестиционного портфеля до минимума, тем самым добившись максимально консервативной стратегии управления, которая направлена на сведение рисков инвестирования к минимуму. Но если иммунизировать часть портфеля пенсионных накоплений от изменения рыночных цен и получить гарантированный доход, то рисковую составляющую можно оставить, обеспечив при должном управлении повышенный доход относительно дохода, который можно получить, сформировав инвестиционный портфель из одних только облигаций.

2.4.3 Интегрированная модель формирования инвестиционного портфеля пенсионных накоплений [68-69]

Изменения, внесенные в 2009 г. в нормативные акты, регулирующие инвестиционную деятельность негосударственных пенсионных фондов, значительно расширили их возможности по инвестированию средств пенсионных накоплений. В условиях, когда принятые ограничения позволяют сформировать как консервативный, так и рискованный инвестиционные портфели, существенно возрастает значимость правильного формирования инвестиционного портфеля в сочетании с рациональными методами регулирования состава и структуры сформированного портфеля [70].

Рассматривается инвестиционный портфель, состоящий из $N+k$ активов $A = \{A_1, A_2, \dots, A_{N+k}\}$, где первые k бумаг – безрисковые активы, которые инвестор включает в портфель (в данной работе предполагается, что речь идет об облигациях) с доходностями $v = (v_1, v_2, \dots, v_k)$, $A_i, i = \overline{k+1, N+k}$ – рискованные активы. Все активы сгруппированы по M наименованиям (облигации, акции и т.п.). Подпортфель облигаций $A_s, s = \overline{1, k}$ выбирается согласно условиям стратегии иммунизации, предложенной Ф. Реддингтоном [66] и его доходность на момент

формирования портфеля определяется рыночными ценами входящих в него ценных бумаг; доходности активов $A_i, i = \overline{k+1, N+k}$ определяются по формуле:

$$\rho_i(t) = \frac{S_i(t+1) - S_i(t) + C_i(t+1)}{S_i(t)}, \rho_i(t) > -1,$$

где $S_i(t)$ и $S_i(t+1)$ - рыночная стоимость рискованного актива $A_i \in A, i = \overline{k+1, k+n}$ в дискретные моменты времени t и $t+1$; $C_i(t+1)$ - величина чистого денежного потока, связанного с активом A_i , в промежутке между t и $t+1$: дивиденды, купонные выплаты и т.д. Доходность актива $\rho_i(t)$ является случайной величиной.

Инвестор в момент времени $t=0$ формирует развернутый портфель

$$X(t_0) \in \hat{X} = \left\{ x = (x_1, \dots, x_k, x_{k+1}, \dots, x_{k+n-1}, x_{k+n}) : \sum_{i=1}^{k+n} x_i = 1 \right\}, \quad (2.5)$$

где $x_i, i = \overline{1, k+n}$, показывает, какая доля капитала инвестора размещена в актив $A_i \in A, i = \overline{1, k+n}$, при этом $x' = (x_1, \dots, x_k)$, $x'' = (x_1, \dots, x_n)$ - безрисковая и рискованная части инвестиционного портфеля соответственно. Множество $\hat{X}$, представляющее собой всю совокупность портфелей, которые могут быть сформированы из $k+n$ активов, называют достижимым множеством.

Вместе с тем, нужно рассчитывать величины $y_p = \sum_{j=k_{p-1}+1}^{k_p} x_j$, где

$k_0 = 0, p = \overline{1, M}$, которые определяют суммарную долю финансовых активов наименования p в портфеле X .

Согласно подходу Марковица [1], любой портфель $X \in \hat{X}$ характеризуется двумя показателями - математическим ожиданием m (показывает ожидаемую доходность рискованной части портфеля X) и дисперсией σ^2 (характеризует уровень риска, связанного с портфелем X или, иначе, степень разброса значений доходности вокруг ожидаемого уровня). Инвестор, формируя портфель ценных

бумаг, стремится к уменьшению его дисперсии и увеличению ожидаемой доходности.

В данной работе рассматривается задача формирования оптимального инвестиционного портфеля $X^* \in \widehat{X}$, содержащего иммунизированный (безрисковый) подпортфель облигаций $x' = (x_1, \dots, x_k)$ и подпортфель $x'' = (x_1'', \dots, x_n'')$ рискованных активов, с заданным значением ожидаемой доходности m_p и минимальным риском σ_x^2 при учете ограничений, предусмотренных законодательством [41-44] на объемы вложений средств пенсионных накоплений в каждый актив и класс активов. В разрезе данной постановки задачи критерий оптимальности может быть записан в виде:

$$\sqrt{\sigma_{x''}^2} \rightarrow \min_{x'' \in X} \quad (2.6)$$

при ограничениях вида:

$$\begin{aligned} v^T x' + \mu^T x'' &\geq m_p \\ 0 &\leq x \leq b \\ y &\leq \tilde{n} \\ e_2^T x'' &\leq m \\ D^T x' &= (1-m)T \\ e_1^T x' + e_2^T x'' &= 1, \end{aligned} \quad (2.7)$$

где b, c – это вектор-столбцы, определяющие максимально возможные величины вложений, размерности $n+k$ и M соответственно; m – доля рискованного подпортфеля; $D^T = (D_1, D_2, \dots, D_k)$ – вектор дюраций облигаций на начальный момент

времени $t = t_0$, $D_s = \frac{\sum_{z=1}^{T^s} (t_z - t_0) \frac{C_z^s}{(1+v)^{365(t_z - t_0)}}}{P_s}$, где C_z^s – все платежи по облигации

$A_s, s = \overline{1, k}$; v – рыночная процентная ставка, P_s – рыночная цена, n – количество выплат по облигации; T^s – горизонт инвестирования.

Предложенная модель позволяет провести расчеты для нахождения баланса между доходностью и сохранностью пенсионных накоплений, как для инвесторов, так и для застрахованных лиц.

Выводы

Высокая волатильность, резкие колебания цен, относительно низкая капитализация рынка, низкая информативная прозрачность и т.п. – основные особенности фондового рынка России – склоняют институциональных инвесторов придерживаться абсолютно консервативной стратегии управления средствами, обеспечивающими доходности, едва превышающие уровень инфляции или вовсе не достигающие этого уровня. Методика оценки инвестиционной привлекательности субфедеральных и муниципальных облигаций, представленная в п. 2.1 позволяет инвестору по задаваемым показателям риска выбрать на текущий момент наиболее интересные с точки зрения доходности и риска облигации. При работе с данной методикой у инвестора есть возможность добавления дополнительных факторов риска при оценке ценных бумаг.

После того как сформирован список ценных бумаг, следующим шагом является формирование инвестиционного портфеля. В п. 2.4.3 диссертантом предложена модель формирования инвестиционного портфеля, основанная на подходе Г. Марковица. Эта модель ориентирована на использование ее негосударственными пенсионными фондами при работе с пенсионными накоплениями. В ней учтены все ограничения, предусмотренные современным законодательством, на качественный и количественный состав разрешенных ценных бумаг. Но основной особенностью предложенной модели является интегрированная в модель стратегия иммунизации, которая позволяет застраховать подпортфель облигаций, входящий в совокупный инвестиционный портфель.

Предложенная диссертантом в п. 2.1 методика отбора инвестиционно-привлекательных финансовых инструментов и модель формирования инвестиционного портфеля пенсионных накоплений, описанная в п. 2.4.3, позволяют повысить эффективность работы негосударственных пенсионных фондов в системе обязательного пенсионного страхования.

Глава 3. Управление инвестиционным портфелем пенсионных накоплений

Умение управлять инвестиционным портфелем, как правило, определяется способностью управляющего своевременно реагировать на динамику изменения рыночной доходности сформированного портфеля или отдельных его составляющих.

3.1 Переформирование инвестиционного портфеля пенсионных накоплений [71]

Вопрос переформирования инвестиционного портфеля обычно возникает перед управляющим в случае существенного изменения конъюнктуры финансовых рынков или поступления/выбытия средств. Особенностью модели, предложенной автором исследования, является стратегия иммунизации, обеспечивающая страхование подпортфеля облигаций от риска изменения процентных ставок. Поэтому управляющему таким инвестиционным портфелем необходимо еще дополнительно контролировать соответствие срока инвестирования дюрации подпортфеля облигаций [6].

Задача переформирования инвестиционного портфеля рассматривается с учетом предположения об отсутствии риска ликвидности. Здесь под риском ликвидности понимается возможность экономических потерь, обусловленных невозможностью купить или продать финансовый актив в нужном количестве за короткий период в связи с ухудшением рыночной конъюнктуры.

Рассмотрим отдельно схему переформирования подпортфеля облигаций. Напомним, что условием иммунизации подпортфеля облигаций от изменения

процентных ставок служит решение задачи
$$\begin{cases} \sum_{i=1}^k x'_i D_i = (1-m)T \\ \sum_{i=1}^k x'_i = 1-m \end{cases}, \text{ где } x' = (x'_1, \dots, x'_k) -$$

подпортфель облигаций, $D = (D_1, D_2, \dots, D_k)$ - вектор дюраций облигаций, T - горизонт инвестирования; $(1-m)$ - доля безрискового подпортфеля в общем портфеле. Таким образом, должны выполняться условия: 1) равенство дюрации безрискового подпортфеля горизонту инвестирования, уменьшенному в $(1-m)$ раз; 2) весь капитал, предназначенный для инвестирования в облигации, должен быть задействован полностью. Таким образом, на начальный момент времени $t=0$ сформирован портфель облигаций x'_0 стоимостью V^0 , в котором доля безрискового подпортфеля составит $(1-m)V^0$. Планируется, что на момент времени $(1-m)T$ его стоимость увеличится до $(1-m)V^0(1+v)^T$, v - доходность подпортфеля облигаций. Обозначим за $R_1^0, R_2^0, \dots, R_k^0$ - ожидаемый поток платежей в моменты времени $t_1, t_2, \dots, t_k$. В этом потоке доля безрискового подпортфеля составит $(1-m)$. Заметим, что если сразу после формирования портфеля или до поступления первого платежа по портфелю доходность изменилась до величины v_1 и предполагается, что в дальнейшем они изменяться не будет, то стоимость подпортфеля облигаций на момент времени T будет равна:

$$(1-m)V^0(v_1, T) = (1-m) \left(\sum_{i; t_i \leq T} R_i^0 (1+v_1)^{T-t_i} + \sum_{i; t_i > T} \frac{R_i^0}{(1+v_1)^{t_i-T}} \right).$$

Таким образом, согласно принципу $(1-m)V^0(v_1, T) \geq (1-m)V^0(v, T)$, заложенному в стратегии иммунизации, подпортфель облигаций будет застрахован (иммунизирован) от изменения процентных ставок до момента времени t_1 .

Пусть в момент времени t_1 поступает первый доход от инвестирования R_1^0 .

Стоимость инвестиционного подпортфеля в момент времени t_1 равна

$$(1-m)V^0(v_1, t_1) = (1-m) \left(R_1^0 + \sum_{i=2}^k \frac{R_i^0}{(1+v_1)^{t_i-t_1}} \right).$$

На данном этапе необходимо проверить условия равенства дюрации подпортфеля облигаций горизонту инвестирования $(T - t_1)$:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^k x_i' D_i^1 = (1-m)(T - t_1) \\ \sum_{i=1}^k x_i' = (1-m) \end{cases}.$$

На практике, скорее всего дюрация не снизится ровно на t_1 и подпортфель необходимо будет переформировать, т.е. часть облигаций придется купить, часть – продать, при этом поступивший платеж $(1-m)R_1^0$ реинвестируется в облигации. При этом планируемая стоимость нового подпортфеля $(1-m)V^1$ на момент времени T равна фактической стоимости подпортфеля $(1-m)V^0$ на момент времени T : $(1-m)V^1(v_1, T) = (1-m)V^0(v_1, T)$. Ожидаемый поток платежей от портфеля V^1 обозначим $R_1^1, R_2^1, \dots, R_{k-1}^1$ в моменты времени $t_2, t_3, \dots, t_k$. Если сразу после формирования нового портфеля или до поступления второго платежа по портфелю доходность изменилась до величины v_2 и предполагается, что в дальнейшем они изменяться не будет, то стоимость подпортфеля облигаций на момент времени T будет равна:

$$(1-m)V^1(v_2, T) = (1-m) \left(\sum_{i>1; t_1 \leq T} R_i^1 (1+v_2)^{T-t_i} + \sum_{i>1; t_1 > T} \frac{R_i^1}{(1+v_1)^{t_1-T}} \right).$$

Итак, согласно иммунизирующему свойству дюрации портфеля получаем, $(1-m)V^1(v_2, T) \geq (1-m)V^1(v_1, T)$. Повторяя процедуру переформирования инвестиционного подпортфеля облигаций, ожидаемая на начальном этапе сумма

$(1-m)V^0(1+v)^T$ будем иммунизирована от изменения рыночных процентных ставок.

3.2. Динамическая модель управления инвестиционным портфелем с линейным критерием качества [72]

В статьях [11] задача управления инвестиционным портфелем рассматривается как задача слежения за эталонным портфелем с заданной желаемой доходностью. Применим данный подход к управлению инвестиционным портфелем пенсионных накоплений с адаптацией к рассматриваемой задаче.

3.2.1. Постановка задачи

Задача управления заключается в перераспределении капитала между включенными в портфель активами таким образом, чтобы сформированный портфель с минимально возможными отклонениями следовал капиталу эталонного инвестиционного портфеля. Стоимость инвестиционного портфеля $V(t)$ в момент времени t равна

$$V(t) = \sum_{i=1}^n V_i''(t) + \sum_{j=1}^k V_j'(t), \quad (3.1)$$

Заметим, что доля вложения в i -й рисковый актив в момент времени t равна $x_i''(t) = V_i''(t)/V(t)$, а в безрисковый актив $x_j'(t) = V_j'(t)/V(t)$.

Динамику капитала рисковей части инвестиционного портфеля в дискретном времени можно описать уравнением [12]:

$$V_i''(t+1) = [1 + \mu_i(t) + \eta_i(t)](V_i''(t) + u_i(t)), \quad i = 1, \dots, n. \quad (3.2)$$

Здесь $u_i(t)$ – капитал, вкладываемый в покупку рискового актива ($u_i(t) > 0$) либо вырученный от продажи рискового актива ($u_i(t) < 0$); $\mu_i(t)$ – среднее значение

ставки i -й рисковей ценной бумаги; $\eta_i(t)$ – случайная составляющая ставки рисковей ценной бумаги с параметрами $M(\eta_i(t))=0$, $M(\eta_i(t)\eta_k(t))=\Sigma_{ik}(t)$, $i,k=1,\dots,n$, где $\Sigma_{ik}(t)$ – матрица ковариации доходностей рисковей ценных активов; $v_j(t)$ – ставка j -го безрискового актива.

Безрисковая часть портфеля в работе [12] представлена одним активом.

В отличие от работы [12] безрисковый актив мы представляем в виде подпортфеля. Кроме того, предполагаем, что рыночная ставка доходности безрисковых ценных бумаг может изменяться мгновенно для всех периодов на одну и ту же величину. Это обстоятельство приводит к необходимости иммунизации безрискового подпортфеля.

Динамику капитала безрисковой части инвестиционного портфеля в дискретном времени будем описывать уравнением

$$V'_j(t+1)=[1+v_j(t)](V'_j(t)+u_j(t)), \quad j=1,\dots,k. \quad (3.3)$$

Уравнение эталонного портфеля определим уравнением:

$$V^0(t+1)=[1+\mu_0(t)]V^0(t), \quad (3.4)$$

где $\mu_0(t)$ - заданная ставка эталонного портфеля, $V^0(0)=V(0)$.

Введем векторы $y=(V''_1,\dots,V''_n;V'_1,\dots,V'_k)^T$ и $z(t)=(y(t), V^0(t))^T$. Тогда уравнения (3.2), (3.3) и (3.4) можно переписать в виде

$$z(t+1)=A_\Sigma(t)z(t)+B_\Sigma(t)u(t), \quad (3.5)$$

где $A_\Sigma(t)=\bar{A}(t)+\tilde{A}(t)$; $\bar{A}(t)$, $\tilde{A}(t)$ – диагональные матрицы размерности $(n+k+1)\times(n+k+1)$ с элементами

$$\begin{aligned} \bar{A}_{ii}(t) &= 1 + \mu_i(t), \quad i=1,\dots,n; & \tilde{A}_{ii}(t) &= \eta_i(t), \quad i=1,\dots,n; \\ \bar{A}_{n+j,n+j}(t) &= 1 + v_j(t), \quad j=1,\dots,k; & \tilde{A}_{n+j,n+j}(t) &= 0, \quad j=1,\dots,k. \\ \bar{A}_{n+k+1,n+k+1} &= 1 + \mu^0(t). \end{aligned} \quad (3.6)$$

$$B_\Sigma(t)=\bar{B}(t)+\tilde{B}(t).$$

Матрица $B(t)$ размерности $(n+k+1) \times (n+k)$ имеют структуру

$$B(t) = \begin{pmatrix} A_{11}(t) & 0 & \dots & 0 \\ 0 & A_{22}(t) & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & A_{n+k}(t) \\ 0 & 0 & \dots & 0 \end{pmatrix}. \quad (3.7)$$

В качестве целевой функции выберем линейный функционал

$$J = M \left\{ \sum_{t=0}^{T-1} [(V(t) - V^0(t)) - b^T(t) \cdot u(t)] + (V(T) - V^0(T)) \right\} \rightarrow \min_{u(t)}, \quad (3.8)$$

где $b(t) = (\mu_1(t), \dots, \mu_n(t), v_1(t), \dots, v_k(t))^T$.

Используя $z(t)$, перепишем $(V(t) - V^0(t))$ в форме $(V(t) - V^0(t)) = Cz(t)$, где

$C = (1, 1, \dots, 1, -1) \in R^{n+k+1}$ Критерий качества J примет вид

$$J = M \left\{ \sum_{t=0}^{T-1} [Cz(t) - b^T(t) \cdot u(t)] + Cz(T) \right\} \rightarrow \min_{u(t)}. \quad (3.9)$$

Итак, имеем задачу оптимального управления, в которой уравнение состояния описывается многошаговым процессом (3.5), а функционал качества – выражением (3.9). Управление задается вектором $u(t)$. Задача решается при ограничении $V(t) \geq V^0(t)$ или

$$C \cdot z(t) \geq 0. \quad (3.10)$$

Ограничение, связанное с запретом продажи без покрытия, имеет вид

$$y(t) + u(t) \geq 0. \quad (3.11)$$

В терминах $z(t)$ ограничение (3.7) имеет вид

$$z(t) + Yu(t) \geq 0, \quad (3.12)$$

где Y – матрица диагональная размерности $(N+K+1) \times (N+K)$ с единичными элементами на главной диагонали и нулевой последней строкой.

Введем ограничения на объёмы вложений в ценные бумаги, определяемые законодательством [2-3]

$$\sum_{i=1}^n y_i(t) \leq m \cdot V(t),$$

$$y(t) \leq y^{\max}.$$
(3.13)

Здесь $y^{\max}$ – максимально допустимый объем вложений в ценные бумаги; m – ограничение на объем вложений в рискованные ценные бумаги.

Перепишем эти ограничения в терминах $z(t)$, получим

$$\begin{cases} CHz(t) \leq Cz(t), \\ z(t) + Yu(t) \leq z^{\max}(t). \end{cases}$$
(3.14)

где $z^{\max}(t) = (y^{\max}(t), V^0(t))^T$;

H – диагональная матрица размерности $(n+k+1) \times (n+k+1)$ с элементами:

$$H_{ii} = \frac{1}{m}, \quad i = 1, \dots, n;$$

$$H_{n+j, n+j} = 0, \quad j = 1, \dots, k;$$

$$H_{n+k+1, n+k+1} = 1.$$

Для иммунизации подпортфеля безрисковых ценных бумаг введем ограничение

$$\sum_{j=n+1}^{n+k} y_j(t) \cdot D_j(t) = (1-m)T \cdot V(t),$$
(3.15)

где D_j – дюрация j -й безрисковой ценной бумаги.

Перепишем (3.15) через $z(t)$

$$CF(t)z(t) \leq Cz(t),$$
(3.16)

где $F(t)$ – диагональная матрица размерности $(n+k+1) \times (n+k+1)$ с элементами:

$$F_{ii}(t) = 0, \quad i = 1, \dots, n;$$

$$F_{n+j, n+j}(t) = \frac{D_j(t)}{(1-m)(T-t)}, \quad j = 1, \dots, k; \quad t = 1, \dots, T-1$$

$$F_{n+k+1, n+k+1}(t) = 1$$

Рассмотрим ограничение $y(t) + u(t) \leq y^{\max}$. Значения $y_i^{\max}$ заданы в долях вложений от стоимости портфеля $V(t)$, т.е. $y_i^{\max} = c_i V(t)$, где c_i – максимально допустимая доля вложения в i -й актив. Поэтому, необходимо предварительно

преобразовать ограничение $z(t) + Yu(t) \leq z^{\max}(t)$. Введем матрицу $\theta_m = \begin{pmatrix} c_1 & 0 \\ c_2 & 0 \\ \dots & \dots \\ c_{n+k} & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$

размерности $(n+k+1) \times 2$. Тогда $z^{\max}(t) = \theta_m \begin{pmatrix} V(t) \\ V^0(t) \end{pmatrix}$. Капитал $V(t)$ представим в

форме $V(t) = Cz(t) + CYu(t) + V^0(t)$. В результате мы можем записать

$$z^{\max}(t) = \theta_m Gz(t) + \theta_m GYu(t) + \theta_m eV^0(t), \quad \text{где } G = \begin{pmatrix} C \\ 0 \end{pmatrix} - \text{матрица размерности}$$

$$2 \times (n+k+1); e = (1, 1)^T.$$

Введем матрицу $E = I - \theta_m G$ (размерность матрицы E составляет $(n+k+1) \times (n+k+1)$). Здесь I – единичная матрица размерности $(n+k+1) \times (n+k+1)$. В результате ограничение $z(t) + Yu(t) \leq z^{\max}(t)$ примет вид

$$Ez(t) + EYu(t) \leq XV^0(t), \quad (3.17)$$

где $X = \theta_m e$. Размерность вектора X равна $(n+k+1) \times 1$.

Для решения задачи слежения необходимо задать начальное состояние системы $z(0) = \begin{pmatrix} y(0) \\ V^0(0) \end{pmatrix}$. Стоимость эталонного портфеля в начальный момент времени считаем известной $V^0(0) = V_0^0$. В качестве $y(0)$ используем решение задачи [68]

$$\begin{aligned}
& \sum_{i,j=1}^N y_i(0) \Sigma_{ij}(0) y_j(0) \rightarrow \min_x \\
& \left\{ \begin{aligned}
& \sum_{i=1}^{n+k} b_i(0) y_i(0) \geq m_p V(0) \\
& \sum_{j=n+1}^{n+k} D_j(0) y_j(0) = (1-m)T \cdot V(0) \\
& \sum_{j=1}^{n+k} y_j(0) = V(0), \\
& \sum_{i=1}^n y_i(0) \leq m \cdot V(0),
\end{aligned} \right. \quad (3.18) \\
& 0 \leq y(0) \leq y^{\max}.
\end{aligned}$$

где m_p – желаемая доходность портфеля; $D_j(0)$ – дюрация безрисковой ценной бумаги.

Итак, сформулируем окончательно задачу управления портфелем.

$$J = M \left\{ \sum_{t=0}^{T-1} [Cz(t) - b^T(t) \cdot u(t)] + Cz(T) \right\} \rightarrow \min_{u(t)}, \quad (3.19)$$

$$z(t+1) = A(t)z(t) + B(t)u(t), \quad (3.20)$$

$$\begin{cases}
C \cdot z(t) \geq 0 \\
CHz(t) \leq Cz(t), \\
CF(t)z(t) = Cz(t).
\end{cases} \quad t = 1, \dots, T \quad (3.21)$$

$$\begin{cases}
Ez(t) + EYu(t) \leq XV^0(t), \\
z(t) + Yu(t) \geq 0.
\end{cases} \quad t = 0, \dots, T-1. \quad (3.22)$$

Начальные условия:

$$z(0) = (V(0), V^0(0))^T.$$

3.2.2. Метод решения задачи

Имеем линейную задачу динамического программирования. Ее можно решать методом Беллмана. Однако, численная реализация этого метода достаточно трудоемкая задача. Мы будем решать ее другим способом.

Преобразуем нашу задачу к эквивалентной задаче линейного программирования. Подставим (3.20) в (3.19), тогда целевая функция примет форму

$$J = J_0 + \sum_{t=0}^{T-1} J(t)u(t) \rightarrow \min_{u(t)}, \quad (3.23)$$

где

$$J_0 = C(I + \bar{A}(0) + \bar{A}(0)\bar{A}(1) + \dots + \bar{A}(0)\bar{A}(1)\bar{A}(2) \dots \bar{A}(T-1))M(z(0)), \quad (3.24)$$

$$J(t) = \left\{ -b^T(t) + C \left(\begin{array}{l} I + \bar{A}(t+1) + \bar{A}(t+1)\bar{A}(t+2) + \dots + \\ + \bar{A}(t+1)\bar{A}(t+2) \dots \bar{A}(T-1) \end{array} \right) \bar{B}(t) \right\}, \quad t = 0, 1, \dots, T-2 \quad (3.25)$$

$$J(T-1) = -b^T(T-1) + C\bar{B}(T-1).$$

Для преобразования ограничений подставим (3.20) в (3.21)-(3.22) (см. приложение 2).

В результате задача слежения примет вид

$$\begin{aligned} J &= J_0 + J^T U \rightarrow \min_{u(t)} \\ R^s \cdot U &\leq \Psi_s, \quad s = 1, \dots, 3, \\ \Phi \cdot U &\leq \Lambda, \\ N \cdot U &\leq \Delta \end{aligned} \quad (3.26)$$

$$\text{Здесь } J = (J(0), J(1), \dots, J(T-1))^T; \quad U = (u(0), u(1), \dots, u(T-1))^T. \quad (3.27)$$

$$R_{ir}^s = \begin{cases} P_s \prod_{j=r}^{i-1} A_{\Sigma}(j) \cdot B_{\Sigma}(r-1), & i > r, \\ P_s B_{\Sigma}(i-1), & i = r, \quad i, r = 1, \dots, T; \prod_{j=l}^{l-1} A_{\Sigma}(j) = I; \quad s = 1, \dots, 3. \\ 0, & i < r \end{cases} \quad (3.28)$$

$$\Psi_s(i) = -P_s \prod_{j=0}^{i-1} A_{\Sigma}(j) \cdot z(0), \quad i = 1, \dots, T; \quad s = 1, \dots, 3; \quad (3.29)$$

$$P_1(t) = C(H - I), \quad P_2(t) = C(F(t) - I), \quad P_3(t) = -C; \quad (3.30)$$

$$\Phi_{ir} = \begin{cases} -\prod_{j=r}^{i-2} A_{\Sigma}(j) \cdot B_{\Sigma}(r-1), & i > r, \\ -Y, & i = r, \quad i, r = 1, \dots, T; \prod_{j=l}^{l-1} A_{\Sigma}(j) = I. \\ 0, & i < r \end{cases} \quad (3.31)$$

$$\Lambda(i) = \prod_{j=1}^{i-2} A_{\Sigma}(j-1) \cdot z(0), \quad i = 1, \dots, T-1; \quad (3.32)$$

$$\Lambda(0) = I; \quad \prod_{j=l}^{l-1} A_{\Sigma}(j-1) = I;$$

$$N_{ir} = \begin{cases} E \prod_{j=r}^{i-2} A_{\Sigma}(j) \cdot B(r-1), & i > r, \\ EY, & i = r, \quad i, r = 1, \dots, T; \prod_{j=l}^{l-1} A_{\Sigma}(j) = I \\ 0, & i < r \end{cases} \quad (3.33)$$

$$\begin{aligned} \Delta(i) &= XV^0(t) - E \prod_{j=1}^{i-2} A_{\Sigma}(j-1) \cdot z(0), \quad i = 1, \dots, T-1; \\ \Delta(0) &= XV^0(0) - Ez(0); \quad \prod_{j=l}^{l-1} A_{\Sigma}(j-1) = I. \end{aligned} \quad (3.34)$$

$$\theta = \begin{pmatrix} c_1 & 0 \\ c_2 & 0 \\ \dots & \dots \\ c_{n+k} & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}; E = I - \theta G; G = \begin{pmatrix} C \\ 0 \end{pmatrix}. \quad (3.35)$$

Здесь $c = (c_1, c_2, \dots, c_{n+k})$ – вектор ограничений на объемы вложений $(y^{\max}(t) = cV(t))$.

Итак, мы имеем стохастическую задачу, так как в ограничениях (3.26) матрицы $A_\Sigma(t)$ и $B_\Sigma(t)$ случайны. Поэтому оптимальное управление будет также случайным. На практике, как правило, именно такая ситуация имеет место.

3.2.3. Моделирование задачи слежения

Для моделирования задачи слежения необходимо задать закон распределения случайной составляющей доходности рискованных ценных бумаг $\eta_i(t)$. Будем полагать, что случайная величина η имеет первые два момента $M(\eta(t)) = 0$, $M(\eta(t)\eta^T(t)) = \Sigma(t)$. Матрица ковариации $\Sigma(t)$ случайной ставки доходности рискованных активов симметрична и положительно определена. В общем случае она представляет собой сумму матриц ковариации гауссовского шума и пуассоновской составляющей, описывающей скачки ставки доходности ценных бумаг $\Sigma(t) = \Sigma_1(t) + \Sigma_2(t) = \sigma(t)\sigma^T(t) + \delta(t) \cdot \delta^T(t)$.

Матрицу $\Sigma(t)$ можно представить в виде произведения матриц $\Sigma(t) = W(t) \cdot W^T(t)$, где $W(t) = \Sigma^{1/2}(t)$. Если скачки отсутствуют, то $W(t) = \sigma(t)$ и случайная составляющая ставки доходности рискованного актива $\eta(t) = \sigma(t)w(t)$, где $\sigma(t)$ – матрица, определяющая влияние гауссовского шума; $w(t) = (w_1(t), \dots, w_n(t))^T$ – вектор нормализованного гауссовского шума с параметрами $M(w(t)) = 0$; $M((w(t) \cdot w^T(t))) = I$ (здесь I – единичная матрица). Если необходимо

учесть скачки, тогда $\Sigma(t) = \Sigma_1(t) + \Sigma_2(t) = \sigma(t) \cdot \sigma^T(t) + \delta(t) \cdot \delta^T(t)$. Здесь $\Sigma_1(t)$ – матрица гауссовского шума, $\Sigma_2(t)$ – матрица скачков. В этом случае $\eta(t) = \sigma(t) \cdot w(t) + \delta(t) \cdot \xi(t)$, где $\xi(t) = (\xi_1(t), \dots, \xi_n(t))^T$ – случайный вектор скачков ставки доходности с пуассоновским распределением с параметрами $M(\xi(t)) = 0$; $M(\xi(t) \cdot \xi^T(t)) = \psi(t) = \text{diag}(\lambda_1(t)\theta_1(t), \dots, \lambda_n(t)\theta_n(t))$. Здесь $\lambda_j(t)$ – интенсивность скачков; $\theta_i(t)$ – величина скачка.

3.2.4. Управление реальным портфелем

Для управления реальным портфелем представим матрицы $A_\Sigma(t)$ и $B_\Sigma(t)$ в формуле (3.57) в виде

$$A_\Sigma(t) = \text{diag}(1 + \rho_1(t), \dots, 1 + \rho_n(t), 1 + v_1(t), \dots, 1 + v_k(t), 1 + \mu^0(t)),$$

$$B_\Sigma(t) = \begin{pmatrix} 1 + \rho_1(t) & \dots & 0 & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & 1 + \rho_n(t) & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \dots & 0 & 1 + v_1(t) & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & 0 & 0 & \dots & 1 + v_k(t) \\ 0 & \dots & 0 & 0 & \dots & 0 \end{pmatrix},$$

где $\rho_i(t)$ – реальная доходность рискованной ценной бумаги в момент времени t .

3.3 Динамическая модель управления инвестиционным портфелем с квадратичным критерием качества [74]

3.3.1. Вывод основных соотношений

Так же, как и ранее, динамику капитала инвестиционного портфеля в дискретном времени будем описывать уравнением

$$\begin{aligned} V_i''(t+1) &= [1 + \mu_i(t) + \eta_i(t)](V_i''(t) + u_i(t)), \quad i=1, \dots, n; \\ V_j'(t+1) &= [1 + v_j(t)](V_j'(t) + u_j(t)), \quad j=1, \dots, k. \end{aligned} \quad (3.36)$$

Здесь $u_i(t)$ – капитал, вкладываемый в покупку актива ($u_i(t) > 0$) либо вырученный от продажи актива ($u_i(t) < 0$); $\mu_i(t)$ – среднее значение ставки i -й рискованной ценной бумаги; $\eta_i(t)$ – случайная составляющая ставки рискованной ценной бумаги с параметрами

$M(\eta_i(t)) = 0$, $M(\eta_i(t)\eta_k(t)) = \Sigma_{ik}(t)$, $i, k = 1, \dots, n$, где $\Sigma_{ik}(t)$ – матрица ковариации доходностей рискованных ценных активов; $v_j(t)$ – ставка j -го безрискового актива.

Уравнение эталонного портфеля определим уравнением:

$$V^0(t+1) = [1 + \mu_0(t)]V^0(t), \quad (3.37)$$

где $\mu_0(t)$ – заданная ставка эталонного портфеля. Данный показатель характеризует склонность инвестора к риску: чем он больше, тем выше склонность к риску. Начальное условие $V^0(0) = V(0)$ (в начальный момент времени капитал эталонного портфеля совпадает с капиталом реального инвестиционного портфеля).

Введем вектор $y = (V_1'', \dots, V_n'', V_1', \dots, V_k')^T$ и вектор $z(t) = (y(t), V^0(t))^T$. Тогда уравнения (3.36), (3.37) можно переписать в виде

$$z(t+1) = \left(A_0(t) + \sum_{j=1}^n A_j(t)w_j(t) \right) z(t) + \left(B_0(t) + \sum_{j=1}^n B_j(t)w_j(t) \right) u(t), \quad (3.38)$$

где $A_0(t)$, $A_j(t)$ – диагональные матрицы размерности $(n+k+1) \times (n+k+1)$

$$A_0(t) = \text{diag}(1 + \mu_1(t), \dots, 1 + \mu_n(t), 1 + v_1(t), \dots, 1 + v_k(t), 1 + \mu^0(t));$$

$$A_j(t) = \text{diag}(\sigma_{1j}(t), \dots, \sigma_{nj}(t), 0, \dots, 0, 0);$$

$B_0(t)$, $B_j(t)$ – диагональные матрицы размерности $(n+k+1) \times (n+k)$

$$B_0(t) = \begin{pmatrix} 1+\mu_1(t) & \dots & 0 & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & 1+\mu_n(t) & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \dots & 0 & 1+v_1(t) & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & 0 & 0 & \dots & 1+v_k(t) \\ 0 & \dots & 0 & 0 & \dots & 0 \end{pmatrix};$$

$$B_j(t) = \begin{pmatrix} \sigma_{1j}(t) & \dots & 0 & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & \sigma_{nj}(t) & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \dots & 0 & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \dots & 0 & 0 & \dots & 0 \end{pmatrix}.$$

Матрицы $A_j(t)$, $B_j(t)$ образованы из элементов матрицы $\sigma = \Sigma^{1/2}$, где Σ – матрица ковариации доходностей рисков активов размерности $n \times n$;

$w(t) = (w_1(t), \dots, w_n(t))^T$ – вектор белого шума с параметрами $M(w_i(t)) = 0$,

$$i = 1, \dots, n; M(w_i(t)w_s(t)) = \begin{cases} 1, & i = s, \\ 0, & i \neq s. \end{cases} \quad i, s = 1, \dots, n$$

Ведem блочную матрицу $\Omega(t)$ размерности $(n+k) \times (n+k)$

$$\Omega(t) = \begin{pmatrix} \Sigma(t) & O \\ O & O \end{pmatrix}. \text{ Здесь } O \text{ – нулевая матрица размерности } k \times k.$$

В качестве целевой функции возьмем следующий функционал

$$J = M \left\{ \sum_{t=1}^{T-1} (V(t) - V^0(t))^2 + \sum_{t=0}^{T-1} (-b^T(t) \cdot u(t) + u^T(t) \Omega(t) u(t)) + \right. \\ \left. + (V(T) - V^0(T))^2 \right\} \rightarrow \min_{u(t)} \quad (3.39)$$

где $b(t) = (\mu_1(t), \dots, \mu_n(t), v_1(t), \dots, v_k(t))^T$.

Второе слагаемое в функционале (3.39) определяет доходность портфеля и его минимизация означает максимизацию доходности. Третье слагаемое характеризует риск портфеля.

Введем в (3.39) вектор $z(t)$. Величина $(V(t) - V^0(t))$ примет вид $(V(t) - V^0(t)) = Cz(t)$, где $C = (1, 1, \dots, 1, -1) \in R^{n+k+1}$. Критерий качества J примет вид

$$J = M \left\{ \sum_{t=1}^{T-1} z^T(t) C^T C z(t) + \sum_{t=0}^{T-1} (-b^T(t) \cdot u(t) + u^T(t) \Omega(t) u(t)) + \right. \\ \left. + z^T(T) C^T C z(T) \right\} \rightarrow \min_{u(t)}. \quad (3.40)$$

Итак, имеем задачу оптимального управления, в которой уравнение состояния описывается многошаговым процессом (3.38), а функционал качества – выражением (3.40). Управление задается вектором $u(t)$.

Ограничения задачи задаются формулами (3.21) и (3.22), за исключением ограничения (3.10) $C \cdot z(t) \geq 0$, которое здесь излишне.

Для решения задачи слежения необходимо задать начальное состояние системы $z(0) = \begin{pmatrix} y(0) \\ V^0(0) \end{pmatrix}$. Стоимость эталонного портфеля в начальный момент времени считаем известной и равной начальному капиталу реального портфеля $V(0) = V^0(0)$. В качестве $y(0)$ используем решение следующей задачи (3.18)

Итак, сформулируем окончательно задачу управления портфелем.

$$J = M \left\{ \sum_{t=1}^{T-1} z^T(t) C^T C z(t) + \sum_{t=0}^{T-1} (-b^T(t) \cdot u(t) + u^T(t) \Omega(t) u(t)) + \right. \\ \left. + z^T(T) C^T C z(T) \right\} \rightarrow \min_{u(t)}, \quad (3.41)$$

$$z(t+1) = \left(A_0(t) + \sum_{j=1}^n A_j(t) w_j(t) \right) z(t) + \left(B_0(t) + \sum_{j=1}^n B_j(t) w_j(t) \right) u(t), \quad (3.42)$$

$$\begin{cases} CHz(t) \leq Cz(t), \\ CFz(t) = Cz(t). \end{cases} \quad (3.43)$$

$$\begin{cases} Ez(t) + EYu(t) \leq XV^0(t), \\ z(t) + Yu(t) \geq 0. \end{cases} \quad t = 0, \dots, T-1. \quad (3.44)$$

3.3.2. Решение задачи

Преобразуем нашу задачу к эквивалентной задаче квадратичного программирования (см. приложение). Подставим (3.42) в (3.41), (3.43) и (3.44).

В результате задача слежения примет вид

$$\begin{aligned} J &= \left\{ z^T(0)L_{11}(0)z(0) + \left(2z^T(0)\phi - B \right)^T U + U^T S U \right\} \rightarrow \min_U \\ R^{(1)} \cdot U &\leq \Psi_1, \\ R^{(2)} \cdot U &= \Psi_2, \\ \Phi \cdot U &\leq \Lambda, \\ N \cdot U &\leq \Delta. \end{aligned} \quad (3.45)$$

Здесь введены следующие обозначения

$$\begin{cases} L_{11}(t) = \sum_{j=0}^n A_j^T(t)Q(t+1)A_j(t), \\ L_{22}(t) = \sum_{j=0}^n B_j^T(t)Q(t+1)B_j(t), \quad t = T-1, T-2, \dots, 0. \\ L_{12}(t) = \sum_{j=0}^n A_j^T(t)Q(t+1)B_j(t). \end{cases} \quad (3.46)$$

$$\begin{aligned} Q(T) &= h, \quad h = C^T C; \\ Q(t) &= L_{11}(t) + h, \quad t = T-1, T-2, \dots, 0. \end{aligned} \quad (3.47)$$

$$\phi_s = \left\{ \prod_{j=0}^{T-1} A_0(j) \right\} L_{12}(s); \quad s = 0, 1, \dots, T-1; \quad (3.48)$$

$$S_{si} = S_{is} = \begin{cases} B_0(i) \left(\prod_{j=i}^{s-1} A_0(j) \right) L_{12}(s), & i < s; \\ L_{22}(i) + \Omega(i), & i = s; \end{cases} \quad i, s = 0, 1, \dots, T-1. \quad (3.49)$$

$$\prod_{j=p}^{p-1} A_0(j) = I.$$

$$\begin{aligned}
\phi &= (\phi_0 \quad \phi_1 \quad \dots \quad \phi_{T-1}); \\
B &= (b(0) \quad b(1) \quad \dots \quad b(T-1))^T; \\
U &= (u(0) \quad u(1) \quad \dots \quad u(T-1))^T.
\end{aligned} \tag{3.50}$$

$$R_{ir}^{(s)} = \begin{cases} P_s \prod_{j=r}^{i-1} A_{\Sigma}(j) \cdot B_{\Sigma}(r-1), & i > r, \\ P_s B_{\Sigma}(i-1), & i = r, \\ 0, & i < r \end{cases} \quad s = 1, 2; \quad i, r = 1, \dots, T \tag{3.51}$$

Размерность матрицы R^s равна $T \times (n+k) \cdot T$.

$$\Psi_s(i) = -P_s \prod_{j=0}^{i-1} A_{\Sigma}(j) \cdot z(0), \quad i = 1, \dots, T; \quad s = 1, 2 \tag{3.52}$$

$$N_{ir} = \begin{cases} E \prod_{j=r}^{i-2} A_{\Sigma}(j) \cdot B_{\Sigma}(r-1), & i > r, \\ EY, & i = r, \\ 0, & i < r \end{cases} \quad i, r = 1, \dots, T; \quad \prod_{j=l}^{l-1} A_{\Sigma}(j) = I \tag{3.53}$$

$$\begin{aligned}
\Delta(i) &= XV^0(t) - E \prod_{j=0}^{i-1} A_{\Sigma}(j) \cdot z(0), \quad i = 1, \dots, T-1; \\
\Delta(0) &= XV^0(0) - Ez(0).
\end{aligned} \tag{3.54}$$

$$\Phi_{ir} = \begin{cases} -\prod_{j=r}^{i-2} A_{\Sigma}(j) \cdot B_{\Sigma}(r-1), & i > r, \\ -Y, & i = r, \\ 0, & i < r \end{cases} \quad i, r = 1, \dots, T; \quad \prod_{j=l}^{l-1} A_{\Sigma}(j) = I \tag{3.55}$$

$$\Lambda(i) = \prod_{j=0}^{i-1} A_{\Sigma}(j) \cdot z(0), \quad i = 1, \dots, T-1; \quad \Lambda(0) = e \tag{3.56}$$

где $e = (1, \dots, 1)$ – вектор длиной $(n + k + 1)$.

Здесь введены матрицы

$$A_{\Sigma}(t) = A_0(t) + \sum_{j=1}^n A_j(t)w_j(t), \quad B_{\Sigma}(t) = B_0(t) + \sum_{j=1}^n B_j(t)w_j(t). \quad (3.57)$$

Итак, мы имеем стохастическую задачу, так как в ограничениях (3.45) $A_{\Sigma}(t)$ и $B_{\Sigma}(t)$ случайны. Поэтому оптимальное управление будет также случайным. На практике, как правило, именно такая ситуация имеет место.

3.4 Проблема выделения тренда. Прогнозирование динамики цен рискованных активов

Задача прогнозирования динамики изменения цен активов волнует инвесторов разных категорий едва ли не с момента появления фондовой биржи как таковой. Данная задача рассматривается в рамках изучения современного направления статистического анализа и прогнозирования временных рядов.

Инвестор, принимая решение о формировании инвестиционного портфеля, знает, что средние ставки доходностей ценных бумаг $\mu_i(t)$, а также матрица волатильности $\sigma(t)$ заранее не известны. И чтобы реализовать стратегию управления, необходимо оценить эти параметры.

Поскольку средние ставки доходностей $\mu_i(t)$ являются временным рядом, т.е. переменной величиной, их значения в момент времени $t+1$ можно оценить по предыдущим наблюдениям доходностей $\rho_i(t)$. Эта процедура называется сглаживанием временного ряда или выделением тренда. Существует множество методов анализа временных рядов, которые подробно описаны в [73-74]. В данной работе рассмотрим метод скользящего среднего.

Метод скользящего среднего является одним из широко применяемых методов сглаживания временных рядов. Сглаживание с использованием метода

скользящего среднего заключается в том, что в средних величинах взаимно погашаются случайные отклонения за счет замены исходных уровней временного ряда средним арифметическим, рассчитанным внутри заданного временного интервала. Получившееся значение относится к середине заданного периода. На следующем шаге период сдвигается на одно наблюдение и пересчитывается арифметическое среднее. При этом шаг при определении средней выбирается все время одним и тем же. Таким образом, на каждом шаге среднее центрировано, т.е. относится к срединной точке периода сглаживания. В расчетах с применением метода скользящей средней в расчетах участвуют все уровни ряда. При этом, чем шире шаг сглаживания, тем более плавным получается тренд. Однако при этом сокращается количество наблюдений и как следствие вызывает трудности, если исходных данных не достаточно много. Выбирая шаг сглаживания, необходимо руководствоваться целями исследования и определением важности влияния случайных факторов на поведение временного ряда. Метод скользящей средней рекомендуется использовать при краткосрочном прогнозировании. Расчетная формула рассмотренного метода: $y_{t+1} = m_{t-1} + \frac{1}{n}(y_t - y_{t-1})$, где $t + 1$ - прогнозный период y_{t+1} - прогнозируемый показатель, t - период, предшествующий прогнозному периоду, m_{t-1} - скользящее среднее за два периода до прогнозного, n - число уровней, входящих в интервал сглаживания, y_t - фактическое значение исследуемого ряда за предшествующий период, y_{t-1} - фактическое значение исследуемого ряда за два периода, предшествующих прогнозному [71].

3.5 Оценка эффективности инвестиционного портфеля

Как было описано ранее, этап оценки эффективности инвестиционного портфеля в инвестиционном процессе занимает последнее место. С другой стороны, этот этап является началом следующего цикла управления портфелем, т.к. результаты проводимой оценки определяют правильность выбранной

стратегии управления и ее реализации. Тем самым сложно переоценить важность данного этапа в разрезе рассмотрения вопроса инвестирования средств пенсионных накоплений, ведь от качества его проведения зависит окончательный результат. Первичной задачей оценки эффективности управления инвестиционным портфелем является определение того, было ли управление в прошлом высокоэффективным или низкоэффективным. Обычно эффективность управления портфелем оценивается на некотором временном интервале (один года, два года и т.д.), внутри которого выделяются периоды (месяц, квартал, полугодие). Этим обеспечивается достаточно представительная выборка для осуществления статистических оценок [75].

Для того чтобы оценить эффективность управления инвестиционным портфелем, необходимо [76]:

- измерить его доходность за определенный промежуток времени;
- указать величину безрисковой ставки, которая будет определять нижнюю границу в данной оценочной процедуре;
- выбрать достижимый и заранее известный альтернативный (эталонный) портфель, с которым целесообразно сравнивать эволюцию сформированного портфеля.

Если на протяжении всего периода владения и управления инвестиционным портфелем не было дополнительных инвестиций и вывода средств, в таком случае доходность определяется по данным о рыночной стоимости портфеля в начале и в конце рассматриваемого периода. Рыночная стоимость портфеля рассчитывается как сумма рыночных стоимостей ценных бумаг, входящих в портфель на текущий момент времени. Зная рыночную стоимость портфеля в начале и в конце периода владения портфелем, доходность r можно рассчитать по формуле

$$r = \frac{V_i - V_{i-1}}{V_{i-1}},$$

где V_i - рыночная стоимость портфеля в конце рассматриваемого периода; V_{i-1} - рыночная стоимость инвестиционного портфеля в начале рассматриваемого периода.

Если в течение периода владения портфелем средства дополнительно поступали или выводились, то расчет показателя доходности нужно проводить по-другому. В данном случае предлагается рассчитывать доходность, взвешенную по времени (Time Weighted Return). Она позволяет определить доход на одну денежную единицу, вложенную в портфель в начале периода инвестирования, учитывая вложение и выводение средств за рассматриваемый период

$$TWR = \left(\frac{V_i + I_i - W_i}{V_{i-1}} \right) - 1,$$

где V_{i-1} - рыночная стоимость портфеля на начало периода;

V_i - рыночная стоимость портфеля на конец периода;

I_i - вложения средств в портфель за рассматриваемый период;

W_i - выводение средств из портфеля за рассматриваемый период.

Для оценки эффективности инвестиционного портфеля также необходимо оценить уровень риска за выбранный временной интервал.

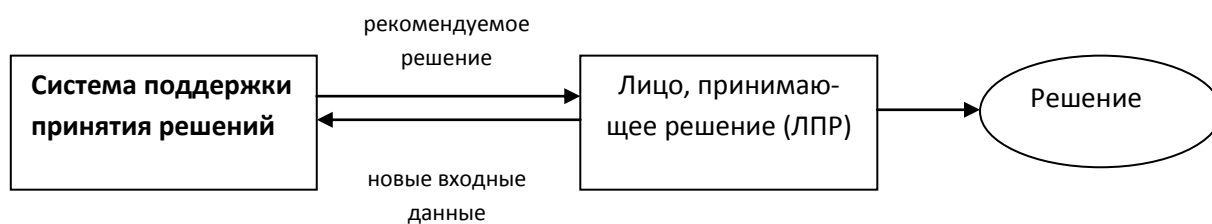
3.6 Система поддержки принятия управленческих решений при управлении инвестиционным портфелем пенсионных накоплений [80]

В условиях нестабильной рыночной ситуации процесс инвестирования капитала требует большой работы аналитиков и экспертов, начиная от сбора и обработки информации и заканчивая четко разработанной стратегией инвестирования в соответствии с поставленными целями и задачами.

Повышенного внимания, безусловно, требует сфера доверительного управления средствами (например, инвестирование средств пенсионных

накоплений, паевые инвестиции, доверительное управление частным капиталом). При управлении инвестиционным портфелем необходимо уметь анализировать и своевременно отыскивать оптимальное решение. Сложности возникают из-за случайности, неопределенности, неполноты исходной информации и т.д. В процессе принятия решения того или иного решения менеджер опирается как на аналитические методы анализа ситуации и прогнозирования, так и на субъективный опыт, знания специалистов [81-82].

В настоящее время с увеличением объема информации, повышения сложности решаемых задач, необходимости учета большого числа взаимосвязанных факторов и быстро меняющейся обстановки становится сложно принять управленческое решение без применения вычислительной техники и специальных программ. [83]. Управляющие пенсионными накоплениями, осуществляющие операции на финансовых рынках, не являются исключением и в ходе своей работы испытывают объективную потребность в системе поддержки принятия решений, которая обеспечила бы наиболее оптимальный результат инвестирования переданных в доверительное управление средств с точки зрения соотношения доходности и риска. В связи с этим в рамках настоящей диссертации была поставлена и решена задача разработки системы поддержки принятия решений (ССПР) в контексте работы негосударственных пенсионных фондов (управляющих компаний). Такая СППР в случае необходимости реформирования или полного изменения структуры инвестиционного портфеля должна предоставлять возможность управляющему выбрать те активы, которые по своим параметрам удовлетворяют сложившейся на выбранный момент времени конъюнктуре финансового рынка. Схема поддержки принятия решений как итерационный процесс может быть представлена в виде схемы:



В современной литературе проблема управления средствами пенсионных накоплений раскрыта в основном с экономической точки зрения [1,7]: исследованы особенности российского фондового рынка для возможности инвестирования средств пенсионных накоплений в соответствии с действующим законодательством, предложены новые схемы функционирования пенсионной системы в целом и т.п. В условиях нестабильной экономической системы возникает необходимость не только создания моделей для формирования эффективных инвестиционных портфелей, но и в создании системы поддержки принятия решения инвестора для дальнейшего управления сформированным инвестиционным портфелем.

В диссертации под системой поддержки принятия решения (далее СППР) будет пониматься программный продукт, отражающий экономические знания специалистов, их профессиональные навыки и опыт, и используемый в процессе выдачи пользователю совета-решения [84]. Технологии СППР не имеют четко очерченной области применения и могут быть использованы в любой отрасли социально-экономической деятельности, где возникает необходимость в анализе большого количества данных и принятия сложных управленческих решений [85].

К основным функциям СППР относят [83]:

- 1) анализ ситуации;
- 2) генерация возможных управленческих решений;
- 3) оценка сгенерированных вариантов решений и выбор лучшего;
- 4) моделирование принимаемых решений (в том случае, когда это возможно);
- 5) программный анализ возможных последствий принятых решений;

6) оценка результатов.

По мнению автора [83] несмотря на то, что СППР определяется как человеко-машинная система, она должна учитывать приоритеты и предпочитаемые средства достижения цели лица, принимающего решение. Тем самым СППР не исключает момент субъективности в своей сущности.

Задача создания СППР возникла в результате анализа этапов инвестиционного процесса негосударственных пенсионных фондов и управляющих компаний, отобранных по конкурсу и допущенных к инвестированию средств пенсионных накоплений. К основным трудностям можно отнести:

1. Выбор инвестиционно-привлекательных финансовых инструментов, разрешенных действующим пенсионным законодательством.

Основной задачей, возникающей перед управляющим, получившим в доверительное управление средства пенсионных накоплений застрахованных лиц, является задача выбора тех разрешенных финансовых инструментов, которые могли бы с высокой вероятностью обеспечить максимально высокую доходность при минимальном риске.

2. Формирование инвестиционного портфеля.

Инвестирование средств пенсионных накоплений должно удовлетворять трем основным принципам, зафиксированным в законе [33]: сохранность, ликвидность, возвратность вложений.

3. Управление сформированным инвестиционным портфелем.

Согласно федеральному закону №111-ФЗ инвестирование средств пенсионных накоплений должно осуществляться разумно и добросовестно, исходя из необходимости обеспечения принципов надежности, ликвидности, доходности и диверсификации.

Наглядно предложенная автором СППР представлена на рис. 5.

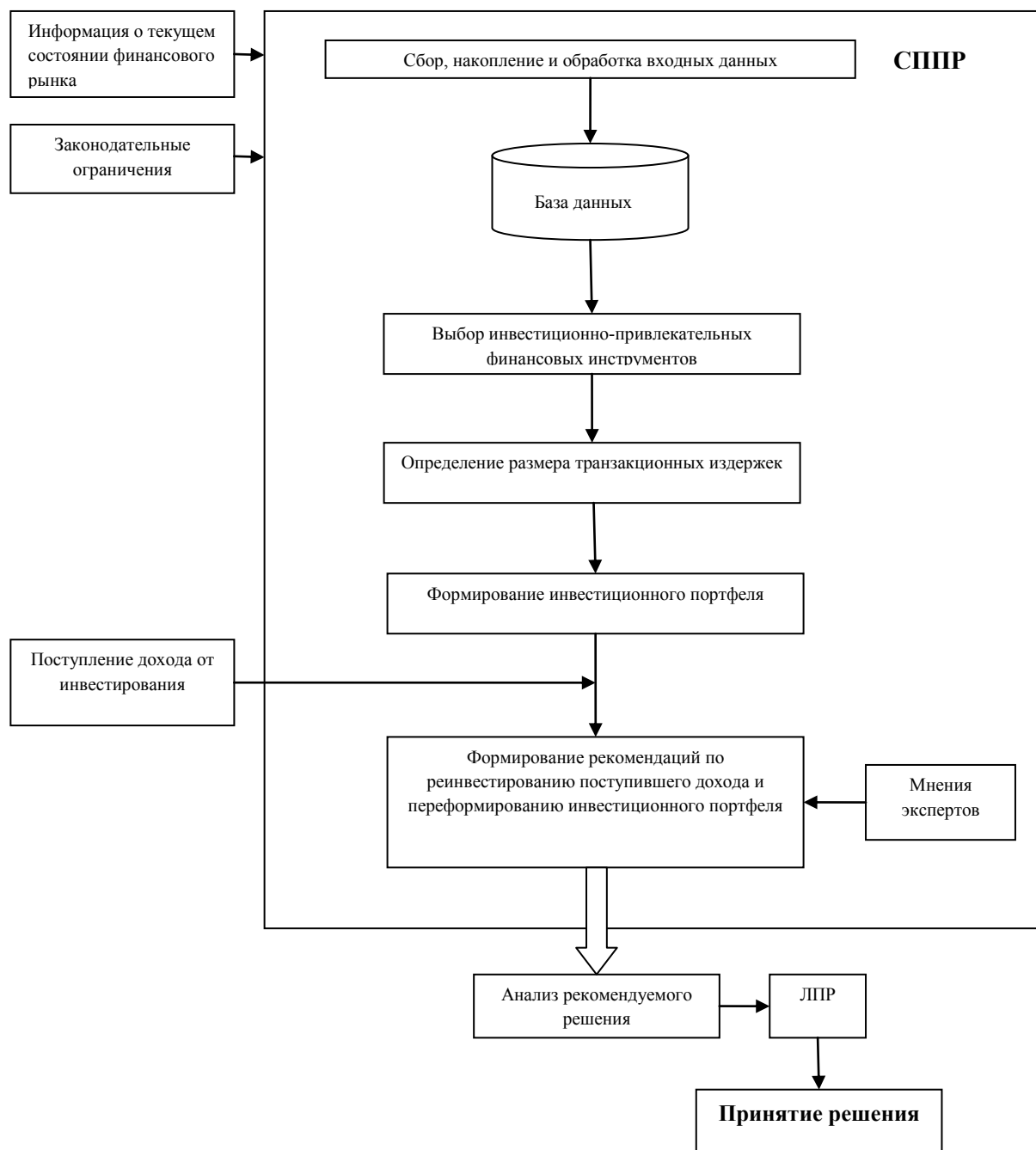


Рис. 5 Система поддержки принятия решения при управлении инвестиционным портфелем пенсионных накоплений.

Система поддержки принятия решения, представленная на рис. 5, позволяет управляющему средствами пенсионных накоплений сформировать инвестиционный портфель согласно модели [68] и далее в течение всего срока жизни сформированного инвестиционного портфеля помогает принимать

решения по его пересмотру и переформированию для достижения основных целей инвестирования – поддержания установленного уровня риска и доходности.

На первом этапе представленной СППР происходит сбор, накопление и обработка входных данных. То есть, на данном этапе

- получена информация о текущем состоянии финансового рынка;
- проанализированы ограничения на разрешенные финансовые активы и их допустимые доли, зафиксированные в законодательстве;
- сформирован список финансовых инструментов с описанием ключевых параметров.

После того как входные данные собраны, они пополняют базу данных, которая является хранилищем не только вновь поступившей информации, но и информации, полученной и проанализированной ранее.

Следующим этапом является отбор наиболее привлекательных финансовых инструментов, которые впоследствии будут включены в инвестиционный портфель пенсионных накоплений. Инвестиционная привлекательность представляет собой результат комплексной оценки совокупности благоприятных и неблагоприятных факторов внутренней и внешней среды инвестиционного объекта с позиции инвестора, определяющий его решение об инвестировании в этот объект [44]. Согласно ретроспективным данным основу инвестиционных портфелей компаний, осуществляющих доверительное управление средствами пенсионных накоплений граждан, составляют государственные облигации, считающиеся безрисковыми. Однако отсутствие риска, как правило, обратно пропорционально величине доходности. В связи с этим ранее [35] была предложена методика ранжирования облигаций эмитентов, которыми выступают субъекты и муниципалитеты Российской Федерации, по качеству (исходя из задаваемого соотношения доходности и риска). Облигации корпоративных заемщиков и акции, допущенные к включению в портфель, выбираются на основе анализа экономических показателей предприятия.

На этапе определения размера транзакционных издержек происходит анализ всех возможных издержек, которые могут быть удержаны в процессе формирования и реформирования инвестиционного портфеля пенсионных накоплений. Особое внимание инвестор должен обратить на тот факт, что частый пересмотр сформированного портфеля влечет за собой высокий уровень транзакционных комиссий, что очевидно негативно сказывается на величине чистого дохода от инвестирования.

После того, как финансовые инструменты отобраны, издержки проанализированы, согласно модели [68] формируется оптимальный при заданных ограничениях инвестиционный портфель, удовлетворяющий требованиям инвестора.

Тщательного рассмотрения требует вопрос реинвестирования поступившего дохода (купоны, дивиденды). Для решения данной задачи в СППР предусмотрен блок формирования рекомендаций по реинвестированию поступившего дохода и реформированию инвестиционного портфеля.

По результатам работы данного блока СППР инвестор получает отчет, содержащий в себе:

1. анализ динамики имеющихся в портфеле активов, а также прогноз поведения их в будущем
2. рыночную стоимость инвестиционного портфеля на текущий период
3. размер комиссий от пересмотра инвестиционного портфеля
4. рекомендации экспертов.

На основании полученного отчета инвестором принимается решение о пересмотре или продаже инвестиционного портфеля пенсионных накоплений.

Выводы

Как было описано ранее, инвестиционный процесс – это сложная многоэтапная задача. Очень важно своевременно и грамотно двигаться от одного этапа к другому, отслеживая и динамику изменения доходности портфеля в целом и оценивая качество управления, при этом совершая необходимую его корректировку.

Предложенная диссертантом в п 3.4 система поддержки принятия решения инвестора при управлении инвестиционным портфелем пенсионных накоплений помогает инвестору совершать управляющие воздействия над сформированным инвестиционным портфелем.

Основой этапа переформирования инвестиционного портфеля лежит схема слежения реального портфеля за выбранным эталоном. Для реализации данного подхода необходимо построить прогноз изменения динамики цен рискованных активов, входящих в портфель. Автором для решения этой задачи был выбран метод скользящего среднего. Процедура переформирования сформированного инвестиционного портфеля описана динамической моделью с линейным и квадратичным критериями качества.

С помощью предложенной системы поддержки принятия решения инвестору наглядно предоставляются полученные данные, на основании которых он может либо дальше работать с исходным портфелем, либо продать его.

Глава 4 Тестирование и экспериментальная проверка

В целях экспериментальной проверки предложенных в данной диссертационной работе методики и модели был реализован программный комплекс, который формирует рекомендации для принятия решений при управлении инвестиционным портфелем пенсионных накоплений.

4.1 Апробация методики оценки инвестиционной привлекательности облигаций муниципальных и субфедеральных заемщиков

Тестирование методики оценки инвестиционной привлекательности облигаций муниципальных и субфедеральных заемщиков проводилась на основе ретроспективных данных по выпускам, размещенным и торгуемым на биржевом рынке ММВБ [80].

На момент времени $t_0 = 01.03.2013$ было выбрано 90 выпусков долговых обязательств субфедеральных заемщиков, дата погашения которых больше t_0 . Накладывая «законодательный» фильтр, получили массив $\tilde{B} = \{B_i, i = \overline{1,82}\}$.

Следующим этапом методики является этап ранжирования выбранных облигационных выпусков по риску. Ранжирование проводилось по авторской методике, описанной в главе 2. После того как вся необходимая информация была накоплена (собрана), каждому выпуску был присвоен ранг от 1 до k , начиная от лучших показателей к худшим. И в завершении этапа ранжирования по риску для каждого субъекта/муниципалитета был рассчитан показатель риска (см. таблицу ниже) с использованием экспертных оценок весовых коэффициентов α_i (ссылка на формулу). Для определения весов α_i был проведен опрос экспертов (5 человек): $\alpha_i = (0.12 \ 0.33 \ 0.073 \ 0.073 \ 0.073 \ 0.33)$. Экспертами выступали специалисты, имеющие большой опыт в рассматриваемой области.

На заключительном этапе после расчета величин R (ссылка на формулу) для значений $\beta_0 = 0.5, \beta_1 = 0.5$ получен упорядоченный в соответствии с предпочтениями инвестора список облигаций. В таблице 6 для примера представлены первые 4 позиции.

Таблица 6. Результаты применения методики отбора инвестиционно-привлекательных облигаций

№	Субъект РФ – эмитент облигаций	Выпуск облигаций	Дата погашения облигаций	Эффективная ставка на 01.01.2012, % годовых	Выходные данные по риску
1	Томская область	34037	27.11.2013	9.69	9.04
2	Свердловская область	34001	11.12.2016	9.30	9.18
3	Красноярский край	34005	29.11.2016	8.98	9.99
4	Республика Коми	32010	15.12.2016	9.49	10.10

Таким образом, в ходе апробации методики по критерию инвестиционной привлекательности субъекта-эмитента был сформирован ранжированный по риску и доходности в соотношении 50/50 (см. коэффициент β_0, β_1) перечень облигаций. Средняя доходность по представленным в таблице 1 бумагам составляет 10.13% годовых. В ходе численного моделирования экспериментально установлено, что на фондовом рынке России преимущественно обращаются среднесрочные выпуски облигаций (с дюрацией до 1000 дней).

На этапе определения доходностей для каждого элемента массива $\tilde{V}$ нужно внимательно определять эффективную ставку доходности v . Рассматривая динамику изменения эффективной ставки как временной ряд, отмечаются случайные выбросы (здесь под случайными выбросами понимаются значения v , значительно отклоняющиеся от значений линии тренда). Такие значения, как правило, появляются при небольших объемах сделок с ценной бумагой и не являются репрезентативными для последующего анализа. В связи с наличием

таких выбросов для каждого элемента массива v можно выбирать эффективную ставку по сделке объема, большего 100 000 руб. Отметим, что минимальный объем последней сделки может задаваться в зависимости от предпочтений инвестора к кривизне линии тренда. В ходе выполнения данного этапа установлено, что часть облигаций из массива $\tilde{B}$ не являются ликвидными на рассматриваемый период. В диссертации акцент на ликвидность не делается [87].

Достоинством ранжирования как метода субъективного измерения является простота исполнения процесса измерения, не требующая трудоемкого обучения экспертов. Оценки выставляются на основании знаний и опыта экспертов.

4.2 Блоки системы поддержки принятия решения

В рамках диссертационной работы была описана система поддержки принятия решения инвестора. В этом параграфе представлены те блоки СППР, которые были разработаны совместно со студентами Гилевой Екатериной (ТУСУР) и Золтоевым Алдаром (ТГУ).

К задачам автоматизации системы формирования и управления инвестиционным портфелем пенсионных накоплений относят:

- упрощение процесса сбора данных;
- сокращение времени на обработку информации;
- улучшение качества контроля и учета обрабатываемой информации;
- повышение эффективности работы пользователя.

Входными данными для системы формирования и управления инвестиционным портфелем пенсионных накоплений являются сведения из сети Интернет [55,86,87]:

- параметры $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \tau, g_1, g_2, g_3$;
- доходность по средневзвешенной цене;
- дюрация;
- цена открытия\ цена закрытия акции.

В результате обработки данных формируются следующая выходная информация:

- доходность по средневзвешенной цене (за запрашиваемую дату);
- дюрация (за запрашиваемую дату);
- график G-кривой;
- доходность для акций (ежедневная);
- выборочное среднее (ежемесячное);
- ковариация выборок;
- формирование и управление инвестиционным портфелем пенсионных накоплений.

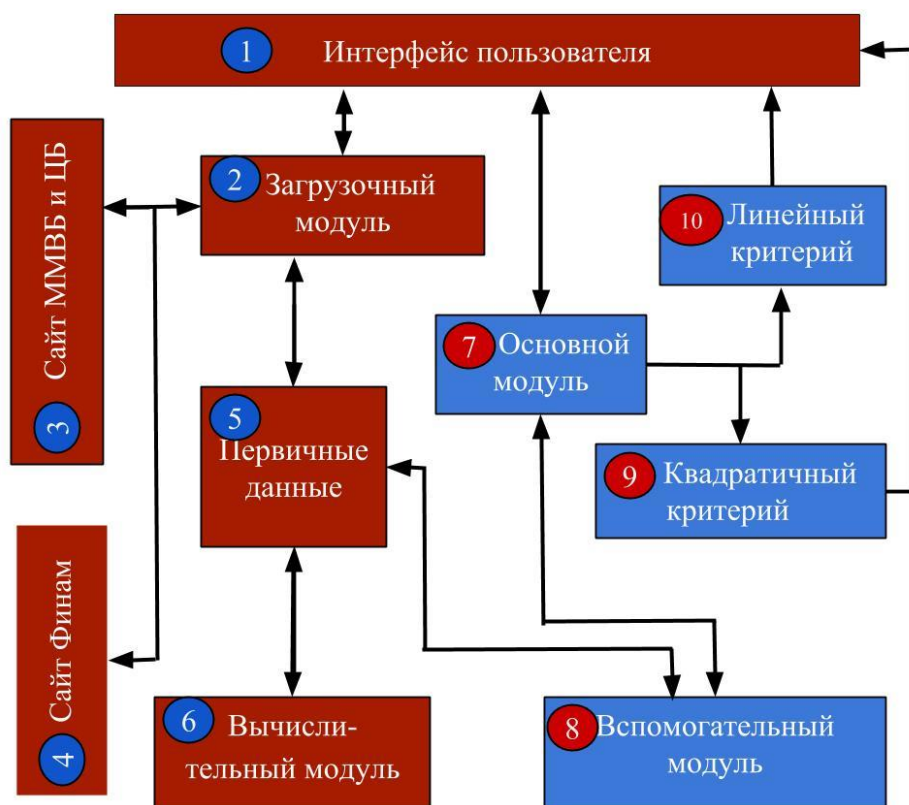


Рис. 6. Схема блоков СППР

Модуль 1 «Интерфейс пользователя» позволяет пользователю задавать начальные условия, добавлять ценные бумаги в портфель и удалять ценные бумаги из портфеля и получать стратегию управления инвестиционным портфелем.

Модуль 2 «Загрузочные данные». На данном этапе программа делает запрос на модуль 3 и 4 и выгружает данные, такие как доходность и дюрация для облигаций; цена открытия и цена закрытия для акций; параметры β_0 , β_1 , β_2 , τ , g_1 , g_2 , g_3 для построения G-кривой.

Модули 4 и 3 хранят данные на сайтах ММВБ, ЦБ и Финам. Данные находятся в свободном доступе в режиме «онлайн».

Модуль 5 «Первичные данные» содержит в себе 4 таблицы с данными (не имеющими связь между собой). В данный модуль выгружаем информацию за месяц по бумагам, из этого модуля данные переходят в модули 7, 8 и 9 для дальнейшего использования.

Модуль 6 «Вычислительный» проводит вычисления доходности (для акций), средней доходности и матрицы ковариации.

Модуль 7 «Основной» осуществляет формирование портфеля пенсионных инвестиций, построение ограничений и выбор критерия.

Модуль 8 «Вспомогательный» предназначен для выгрузки данных из базы данных и формирования дополнительных матриц для ограничений

Модуль 9 «Квадратичный критерий» решает задачу квадратичного программирования методом Мицеля-Хвощевского.

Модуль 10 «Линейный критерий» решает задачу линейного программирования симплекс-методом.

Интерфейс разработанных блоков можно посмотреть в приложении 3.

4.3 Апробация модели формирования инвестиционного портфеля и динамической модели управления

Рассмотрим задачу управления инвестиционным портфелем пенсионных накоплений, состоящим из 2 видов акций и 3 видов облигаций, торгуемых на фондовой бирже ММВБ: акции - ОАО «Номос-Банк», ОАО «Аэрофлот», облигации субфедеральных эмитентов - Томской, Волгоградской, облигация корпоративного заемщика - ЕвразХолдинг Финанс,. В основу расчетов берутся ретроспективные данные доходностей выбранных ценных бумаг [48,86]. Предположим, что инвестор должен сформировать инвестиционный портфель на срок 1 год и при этом соблюсти условия стратегии иммунизации, заложенной в основе модели формирования портфеля. Период до пересмотра сформированного инвестиционного портфеля берется равным 1 месяцу. При моделировании учитывались ограничения:

- суммарная доля акций в портфеле не должна превышать 65% от совокупного объема инвестиционного портфеля, причем доля акций одного эмитента не должна превышать 10%;
- суммарная доля корпоративных облигаций в портфеле не должна превышать 80% от совокупного объема инвестиционного портфеля, причем доля облигаций одного эмитента не должна превышать 40%;
- суммарная доля субфедеральных облигаций в портфеле не должна превышать 40% от совокупного объема инвестиционного портфеля.

В таблице 7 представлены входные данные:

Таблица 7. Входные данные для моделирования

Стартовый. капитал (млн.руб)		Эталонная доходность			Желаемая доходность		
1		0.5			0.5		
Средние ставки доходностей					Дюрации (мес.)		
Рисковые активы		Безрисковые активы			Безрисковые активы		
Номос- Банк (s0)	Аэрофлот (s1)	Облиг. Томской обл (b0)	Облиг. Волгоррадс- кой обл. (b1)	Евраз Холдтинг (b2)	Облиг. Томской обл (b0)	Облиг. Волгоррадс- кой обл. (b1)	Евраз Холдтинг (b2)
0.39	0.13	0.077	0.083	0.088	10.20	11.43	12.93
0.28	0.22	0.078	0.084	0.089	9.50	10.33	11.86
0.55	0.31	0.08	0.079	0.083	8.83	9.30	10.8
0.31	0.11	0.081	0.088	0.084	7.73	8.70	9.70
0.30	0.29	0.064	0.075	0.077	6.56	7.93	8.60
0.36	0.17	0.070	0.078	0.131	5.93	6.80	7.83
0.30	0.19	0.074	0.088	0.084	4.86	11.16	7.03
0.34	0.14	0.064	0.065	0.088	3.86	10.10	6.26
0.29	0.19	0.069	0.081	0.082	2.86	8.86	5.30
0.30	1.06	0.076	0.074	0.085	1.90	8.00	4.36
0.38	0.61	0.075	0.075	0.077	0.66	7.00	3.43
0.94	1.15	0.055	0.078	0.071	0	6.13	2.53

На рис.3-5 приведены результаты управления портфелем на реальных данных с использованием линейного критерия.

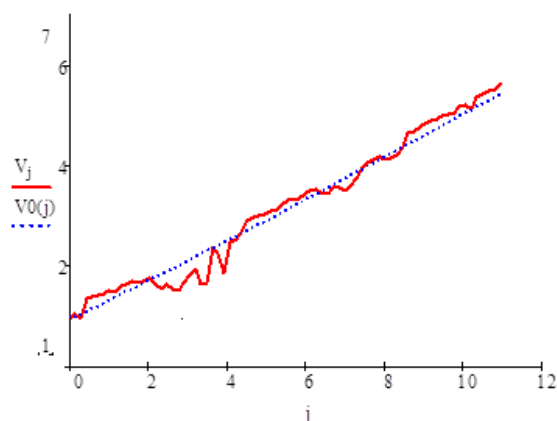


Рис. 3. Стоимости реального и эталонного портфелей. (Сплошной линией показана стоимость реального портфеля, синей линией – стоимость эталонного портфеля.)

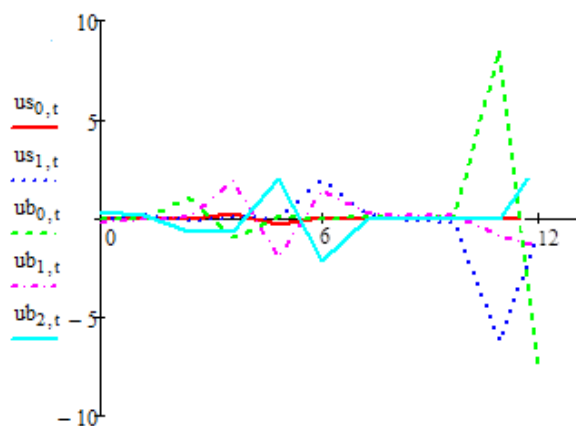


Рис. 4. Объемы дополнительных вложений в бумаги, входящие в портфель

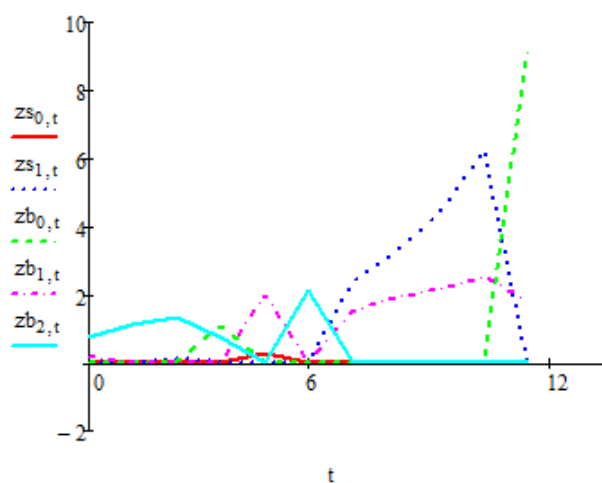


Рис. 5. Общие объемы вложений в бумаги, входящие в портфель

На рис.6-8 приведены результаты управления портфелем на реальных данных с использованием квадратичного критерия.

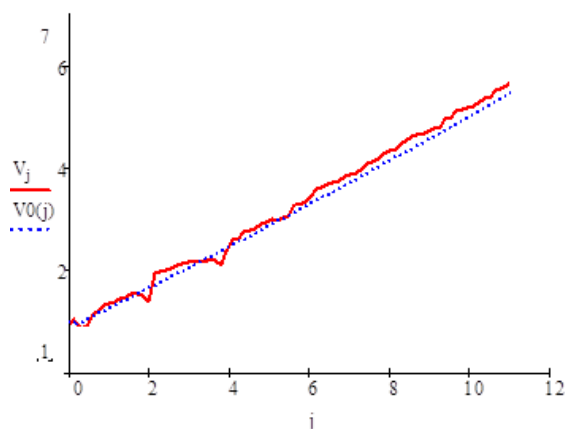


Рис. 6. Стоимости реального и эталонного портфелей. (Сплошной линией показана стоимость реального портфеля, синей линией – стоимость эталонного портфеля.)

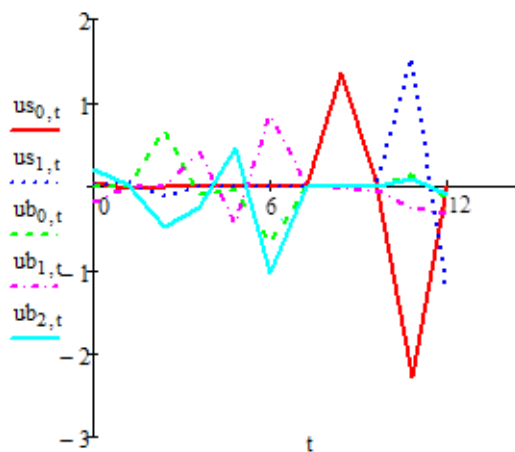


Рис. 7. Объемы дополнительных вложений в бумаги, входящие в портфель

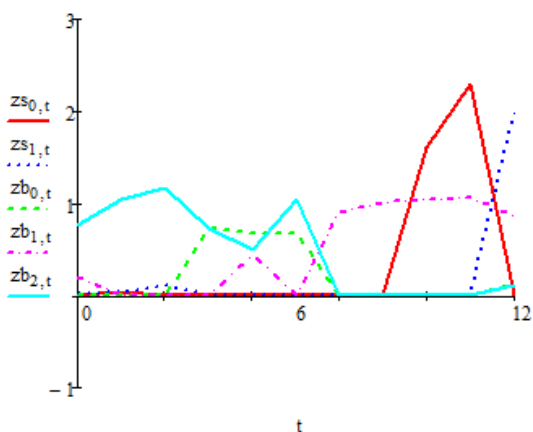


Рис. 8. Общие объемы вложений в бумаги, входящие в портфель

Заключение

В результате работы над диссертацией была решена актуальная научно-практическая задача формирования и управления инвестиционным портфелем пенсионных накоплений в контексте деятельности негосударственного пенсионного фонда. Решение данной задачи позволяет повысить эффективность работы негосударственных пенсионных фондов в системе обязательного пенсионного страхования. Это позволит привлечь внимание большего числа граждан Российской Федерации к вопросу управления накопительной составляющей пенсии.

В соответствии с целью и задачами исследования проведен анализ инвестиционной деятельности негосударственных пенсионных фондов в системе обязательного пенсионного страхования и соответствующего пенсионного законодательства для выявления необходимых ограничений; исследованы модели формирования инвестиционных портфелей в контексте темы инвестирования средств пенсионных накоплений; проработаны динамические модели управления инвестиционным портфелем и система поддержки принятия решения; проведены вычислительные эксперименты.

В диссертационной работе получены следующие результаты:

1. Исследованы основные аспекты инвестиционной деятельности негосударственных пенсионных фондов, проанализирована текущая ситуация в системе обязательного пенсионного страхования России.
2. Разработана методика оценки инвестиционной привлекательности облигаций муниципальных и субфедеральных заемщиков. Параметры целевой функции данной методики могут задаваться инвестором в зависимости от сложившейся конъюнктуры рынка или от собственных предпочтений.

3. Разработана модель формирования инвестиционного портфеля пенсионных накоплений, позволяющая задавать заданную желаемую доходность и при этом минимизировать риски инвестирования. В основе данной модели лежит принцип Г. Марковица. Авторским дополнением является интегрированный в общий портфель иммунизированный подпортфель облигаций.
4. Предложена динамическая модель управления сформированным инвестиционным портфелем.
5. Разработаны блоки системы поддержки принятия решения инвестора при управлении инвестиционным портфелем пенсионных накоплений, которая позволит инвестору оперативно осуществлять оптимальные управляющие воздействия над сформированным портфелем.

По материалам диссертационной работы можно и дальше проводить исследования:

- предложенная методика оценки инвестиционной привлекательности облигаций муниципальных и субфедеральных заемщиков может быть усовершенствована путем добавления новых факторов риска для оценки облигаций;
- разработанная модель формирования инвестиционного портфеля пенсионных накоплений может быть адаптирована к работе других институциональных инвесторов, на инвестиционные действия которых наложены законодательные и другие ограничения;
- разработанная система поддержки принятия решения инвестора при управлении инвестиционным портфелем пенсионных накоплений может быть усовершенствована путем расширения функциональных возможностей для конкретного конечного пользователя;
- материалы диссертации могут быть использованы преподавателями высших и средних учебных заведений при разработке лекций и практических

занятий по дисциплинам «Рынок ценных бумаг», «Финансовая математика»
и т.п.

Рекомендации

Результаты диссертационной работы могут быть использованы управляющими компаниями, допущенные к работе по инвестированию средств пенсионных накоплений. Применение разработанных методики и моделей при управлении инвестиционным портфелем пенсионных накоплений обеспечит возможность контроля над риском и доходностью сформированного инвестиционного портфеля.

Предложенные методика и модели с небольшими изменениями, касающимися законодательных ограничений, могут быть использованы другими финансовыми институтами, занимающимися инвестиционной деятельностью.

Автор выражает благодарность научному руководителю профессору кафедры ВММФ ТПУ д.т.н. Мицелю А.А. за постоянное наблюдение за ходом выполнения диссертационной работы, поправки, относящиеся к корректности и актуальности некоторых ее аспектов.

Список использованных источников

1. Markowitz H.M. Portfolio selection// Journal of Finance. 1952. V.7. №1. P.77-91.
2. Tobin J. The Theory of Portfolio Selection / J. Tobin // Theory of Interest Rates / Ed. by F.H. Hahn, F.P.R. Brechling. – London: MacMillan, 1965. – P. 3-51.
3. Шарп У., Александер Г., Бэйли Дж. Инвестиции. М.: Инфра-М, 2006. – 1028 с.
4. Engle R. Modelling the Persistence of Conditional Variances / R. Engle, T. Bollerslev // Econometric Reviews. – 1986. – №5.
5. Lintner J. The Valuation of Risk Assets and Selection of Risky Investments in Stock Portfolio and Capital Budgets // Review of Economics and Statistics. – 1965. – №47. – P. 13-47.
6. Мельников А.В., Попова Н.В., Скорнякова В.С. Математические методы финансового анализа. М.: Анкил, 2006. – 440 с.
7. Недосекин А.О. Методологические основы моделирования финансовой деятельности с использованием нечетко-множественных описаний: дисс. докт. экон. наук: 08.00.13 / А.О. Недосекин. – СПб., 2003. – 302 с.
8. Бронштейн Е.М. О формировании стратегий негосударственных пенсионных фондов / Бронштейн Е.М., Прудников В. // Управление риском. – 2007. – №4. – с. 51-61.
9. Шапкин А.С. Экономические и финансовые риски. Оценка, управление, портфель инвестиций. – М.: Дашков и К, 2003. – 544 с.
10. Терпугов А.Ф. Стохастическая модель функционирования страховой компании О.А. Змеева при наличии портфеля рисков / А.Ф. Терпугов, К.А. Горбенко // Вестник Томского государственного университета. – 2006. №290. С.128-134.
11. Гальперин В.А., Домбровский В.В. Динамическое управление инвестиционным портфелем с учетом скачкообразного изменения цен

- финансовых активов и Динамическое управление самофинансируемым инвестиционным портфелем при квадратической функции риска в дискретном времени // Вестник Томского государственного университета. – 2003. №280. С.112-117.
12. Домбровский В.В., Домбровский Д.В., Ляшенко Е.А. Динамическая оптимизация инвестиционного портфеля при ограничениях на объемы вложений в финансовые активы// Вестник Томского государственного университета. Управление, вычислительная техника и информатика. 2008.- № 1(2).-С. 13-17.
 13. Viceira L.M. Optimal portfolio choice for long-horizon returns with non-tradable labor income / L.M. Viceira // Journal of Finance, 2001, №56. P. 431-470.
 14. Bodie Z. Retirement investment: a new approach / Z. Bodie. – Working paper, February 2001. – Source: www.pensions-institute.org/workingpapers/wp0105.pdf.
 15. Bodie Z. Personal investing: advice, theory and evidence / Z. Bodie, D.B. Crane // Financial Analysts Journal, November-December 1997. P. 13-23.
 16. Шоломицкий А.Г. Риски и эффективность пенсионных программ: модельный подход. Препринт WP/2005/04. – М.: ГУ ВШЭ, 2005. – 64 с.
 17. Соловьев А.К. Пенсионная реформа как фактор долгосрочного экономического роста// Государственное управление. Электронный вестник Выпуск №29. Декабрь 2011. С.1-6.
 18. Бончик В.М. Обеспечение финансовой устойчивости НПФ / В.М. Бончик // Пенсионные фонды и инвестиции, 2006. №3. С. 40-48.
 19. Малеева Т.М., Синявская О.В. Пенсионная реформа в России: история, результаты, перспективы. Аналитический доклад. / Независимый институт социальной политики. — М.: Поматур, 2005. – 76 с.
 20. URL: <http://www.pfrf.ru> (дата обращения 12.05.2015)
 21. Федеральный закон от 15 декабря 2001 г. N 166-ФЗ "О государственном пенсионном обеспечении в Российской Федерации";

22. Федеральный закон от 15 декабря 2001 г. N 167-ФЗ "Об обязательном пенсионном страховании в Российской Федерации";
23. Проект развития пенсионной системы Российской Федерации до 2030 года от 20 сентября 2012 года. – Режим доступа: consultant.ru
24. Большакова И.В., Негосударственные пенсионные фонды: Правовые основы, бухгалтерский учет и аудит. – М.: «Аналитика-Пресс», 1998. – 216 с.
25. Федотов Д. Ю. Развитие финансов пенсионного страхования России : монография / Д. Ю. Федотов. - Иркутск : Изд-во БГУЭП, 2007. - 296 с.
26. Аньшин В.М. Инвестиционный анализ. 3-е изд., испр. - М.: Дело, 2004. – 280 с.
27. Гитман Л. Дж., Джонк М.Д. Основы инвестирования. Учебник. – М.: 1997. – 1992 с.
28. Фабоцци Ф. Управление инвестициями. Пер. с англ. - М.: ИНФРА-М, 2000. - 932 с.
29. Тертышный С.А. Рынок ценных бумаг и методы его анализа. – Спб. Питер, 2004. – 220 с.
30. Обзор инвестирования средств пенсионных накоплений в 2014 году [электронный ресурс]. – режим доступа:
http://www.minfin.ru/common/upload/library/2015/12/main/Obzor_2014.pdf
31. Обзор инвестирования средств пенсионных накоплений в 2012 году [электронный ресурс]. – режим доступа:
http://www.minfin.ru/common/img/uploaded/library/2013/08/Obzor_2012_sayt_05.08.pdf
32. Обзор инвестирования средств пенсионных накоплений в 2013 году [электронный ресурс]. – режим доступа:
http://minfin.ru/common/upload/library/2015/01/main/Obzor_2013.pdf
33. Федеральный закон от 7 мая 1998 г. N 75-ФЗ "О негосударственных пенсионных фондах";

34. URL: <http://forbes.ru> (дата обращения 14.06.2015)
35. Рекундадь О.И. Методика оценки инвестиционной привлекательности облигаций муниципальных и субфедеральных заемщиков/ Рахимов Т.Р., Рекундадь О.И.// Современные проблемы науки и образования. – 2012. – №4; URL: <http://www.science-education/104-6713>.
36. Рекундадь О.И. О субфедеральных и муниципальных облигациях как о рискованных ценных бумагах / О.И. Рекундадь, Т.Р. Рахимов// Управление информация и оптимизация: Сборник трудов всероссийской молодежной научной школы, Юрга, 13-14 Июня 2012. – Томск ТПУ, 2012. – С. 121-123.
37. Рекундадь О.И. Анализ инвестиционной привлекательности субфедеральных облигаций при формировании портфеля пенсионных накоплений// Вестник Томского государственного университета. – 2012.
38. Батяева Т.А., Столяров И.И. Рынок ценных бумаг: Учеб. пособие. – М.: Инфра-М, 2006. – 304 с.
39. Чеканова Е., Чеканов Л. Тенденции развития и перспективы рынка субфедеральных ценных бумаг в России// Рынок ценных бумаг. – 2000. –№3 (162) – С. 81-84
40. Гороховская О. Субфедеральные займы: история рынка и анализ текущих тенденций / О. Гороховская, О. Клыпина // Рынок ценных бумаг. 2005. №14. С. 13-15.
41. Постановление от 31 августа 2002 г. N 652 «Об утверждении правил инвестирования средств страховых взносов на финансирование накопительной части трудовой пенсии, поступивших в течение финансового года в Пенсионный фонд Российской Федерации»;
42. Постановление Правительства РФ от 30 июня 2003 г. N 379 "Об установлении дополнительных ограничений на инвестирование средств пенсионных накоплений в отдельные классы активов и определении максимальной доли отдельных классов активов в инвестиционном портфеле в соответствии со статьями 26 и 28 Федерального закона "Об

инвестировании средств для финансирования накопительной части трудовой пенсии в Российской Федерации" и статьей 36.15 Федерального закона "О негосударственных пенсионных фондах".

43. Федеральный закон от 17 декабря 2001 г. N 173-ФЗ "О трудовых пенсиях в Российской Федерации";
44. Федеральный закон от 24 июля 2002 г. N 111-ФЗ "Об инвестировании средств для финансирования накопительной части трудовой пенсии в Российской Федерации".
45. Платоненко Е. Критерии привлекательности облигационного займа субъекта РФ и муниципального образования / Е. Платоненко // Рынок ценных бумаг. – 2006. - №10. – С.64-66.
46. Рахимов Т.Р. Механизм формирования благоприятного инвестиционного климата в регионе / Т.Р. Рахимов – Томск: Изд-во ТПУ, 2009. – 193 с.
47. Энциклопедия финансового риск-менеджмента. Учебное пособие. / под ред. А.А. Лобанова, А.В. Чугунова. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2005. – 878 с.
48. URL: <http://www.cbonds.ru> (дата обращения 01.06.2015)
49. Миркин Б.Г. Проблема группового выбора. – Изд-во «Наука», Главная редакция физико-математической литературы, М., 1974. – 256 с.
50. IMониторинг. Открытый информационный ресурс по анализу показателей бюджетов субъектов РФ на основании официальных информационных источников: Минфин России, Казначейство России. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ifinmon.ru>
51. Default, Transition, and Recovery: 2009 Annual Global Corporate Default Study And Rating Transitions [Электронный ресурс]. London: Standard&Poors, 2010. – режим доступа: <http://www.standardpoors.com/ratings/articles/en/us/?assetID=1245207201119>, свободный. – Загл. с э экрана.

52. Keenan, S. Historical Default Rates of Corporate Bonds Issues, 1920-1999 [Электронный ресурс] / S. Keenan, B. Hamilton, A. Berthault. – London: Moody's investors service, 2010. – Режим доступа: <http://www.moodyskmv.com/research/whitepaper/52453.pdf>, свободный.
53. Verde, N. Fitch Ratings Global Corporate Finance 2009 Transition and Default Study [Электронный ресурс] / N. Verde. – 2010. – Режим доступа: <http://www.levow.com/SGdownload/-%20Debt%20Capital%20Markets/Fitch%20Ratings%20Corporate%20Transition%20Study%202009.pdf>, свободный.
54. URL: <http://www.cbr.ru/gcurve/Mthodics.pdf> (дата обращения 03.04.2014)
55. URL: www.cbr.ru (дата обращения 01.06.2015)
56. URL: <http://trp.tomsk.ru/pages/deals/> (дата обращения 03.04.2014)
57. Гилева Е.К., Щербакова А.Е. Автоматизация импорта данных результатов торгов муниципальных и корпоративных облигаций // Материалы Всероссийской научно-технической конференции «Научная сессия ТУСУР – 2014», в 5 частях. – Томск: изд-во: В-Спектр, 2014. – Ч. 4. – С. 180-182.
58. Касимов Ю.Ф. Введение в теорию оптимального портфеля ценных бумаг. – М.: Анкил, 2005. – 140 с.
59. Рахимов З.А. К вопросу о развитии методологии инвестиционной деятельности// Финансы и кредит. – 2003. №7. С. 20-23.
60. Ширяев А.Н Основы стохастической финансовой математики. Факты и модели. Том 1. – М.: Фазис, 1998. – 512 с.
61. Денисов Д.А. Влияние скачков цен рискованных активов на оптимальные портфельные решения и на асимметрию и эксцесс распределения их доходности / Д.А. Денисов, И.Г. Наталуха // Финансы и Кредит. – 2008. №23(211). С. 24-29.
62. Брейли Р., Майерс С. Принципы корпоративных финансов. – М.: Олимп-Бизнес, 1997. – 1120 с.

63. Fabozzi F. J. The Handbook of Fixed-Income Securities. – Homewood, IL: Business One Irwin, 3rd ed., 1991.
64. Macaulay F. Some Theoretical Problems Suggested by the Movement of Interest Rates, Bond Yields, and Stock Prices since 1865. – New York: National Bureau of Economic Research, 1938, pp. 44-53.
65. Fisher L., Weil R. Coping with risk of interest rate fluctuation: returns to bondholders from naïve and optimal strategies. – Journal of Business, 1971, Vol.52, №1. – pp. 51-61.
66. Redington F. Review of principles of life-office valuations. – Journal of Institute of Actuaries, 1952, Vol.78, №3. – P.286-340.
67. Samuelson P. The effect of interest rate increases on banking system. – American Economic Review, 1945, Vol.55, №1. – p.16-27.
68. Рекундаль О.И. Инвестиционный портфель пенсионных накоплений/ Мицель А.А., Рекундаль О.И.// Финансовая аналитика: проблемы и решения. 2011 №40(82). – С.2-6.
69. Рекундаль О.И. Применение однопериодной модели Марковица для построения оптимального портфеля пенсионных накоплений/ Мицель А.А., Рекундаль О.И.// Сборник научных трудов VII Международной конференции студентов и молодых ученых «Перспективы развития фундаментальных наук». – Томск, 2011.
70. Рекундаль О.И. Применение стратегии иммунизации при формировании инвестиционного портфеля пенсионных накоплений // Научная сессия ТУСУР-2011. – Томск: В-Спектр, 2011 – Т.1 – С. 137-139
71. Рекундаль О.И. Процедура реформирования инвестиционного портфеля пенсионных накоплений с учетом транзакционных издержек / О.И. Рекундаль, А.А. Мицель, Д.Б. Мальцев // Известия Томского политехнического университета. – 2014 – Т. 325 - №6. – С.26-31
72. Рекундаль О.И. Динамическая модель управления инвестиционным портфелем пенсионных накоплений / О.И. Рекундаль, А.А. Мицель, А.Б.

- Золтоев // Электронный научный журнал «Современные проблемы науки и образования». – 2015. - №1. 1– 11с.; URL: <http://science-education.ru>
73. Рекундаль О.И. Динамическая модель управления инвестиционным портфелем при ограничениях с квадратичным критерием качества / О.И. Рекундаль, А.А. Мицель, А.Б. Золтоев // Актуальные вопросы и перспективы развития экономики XXI века: материалы I Международной научно практической конференции, Москва, 9-10 Июля 2015. – Москва: ИУЭФ, 2015 – С. 8-12.
74. Рекундаль О.И. Динамическая модель управления инвестиционным портфелем при ограничениях с квадратичным критерием качества / О.И. Рекундаль, А.А. Мицель // Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири: доклады 21-й Международной научно-практической конференции, Томск, 17-18 ноября 2015. – Томск: В-Спектр, 2015 – С. 102-105
75. Шмойлова Р.А. Общая теория статистики: Учебник. – М.: Финансы и статистика, 2002.
76. Мицулина О.А. Статистический анализ и обработка временных рядов. – М.: МИФИ, 2004. – С.180.
77. <http://www.ekonomika-st.ru/drugie/metodi/metodi-prognoz-1-3.html>
78. Полтарыхин А.Л., Грибова Ю.Н. Инвестиции: Учебное пособие. – Барнаул.: Изд-во ААЭП, 2006. – 192с.
79. Брюков В. Методика оценки управления инвестиционным портфелем/ В. Брюков //Рынок ценных бумаг. – 2006. - №11(314). – с. 31-34.
80. Рекундаль О.И. Система поддержки принятия решения при инвестировании средств пенсионных накоплений // Современные проблемы науки и образования. – 2013. - №3; URL: <http://www.science-education/109-9453>.
81. Трахтенгерц Э.А. Компьютерная поддержка принятия решений. М.:СИНТЕГ, 1998.

82. Берштейн Л.С., Карелин В.П., Целых А.Н. Модели и методы принятия решений в интегрированных интеллектуальных системах. Ростов/ Д: Изд-во РГУ, 1999.
83. Трахтенгерц Э.А. Компьютерные системы принятия управленческих решений//Проблемы управления №1. 2003
84. Уринцов А. И., Дик В. В. Системы поддержки принятия решений. – М.: МЭСИ, 2008. – 230 с.
85. Дудник А.А., Петроченков А.Б. Применение OLAP технологии в системах поддержки принятия решений// Перспективы развития информационных технологий. 2008 №1. С. 99-103
86. ММВБ Московская международная валютная биржа /Индексы и котировки/Котировки [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.micex.ru/marketdata/quotes> (дата обращения: 01.03.2015).
87. Финам / Экспорт котировок [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.finam.ru/> (дата обращения: 09.02.2015).

Приложение 1



БОЛЬШОЙ
МЕЖРЕГИОНАЛЬНЫЙ НЕГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ПЕНСИОННЫЙ ФОНД

УТВЕРЖДАЮ:
Генеральный директор
АО МНПФ «БОЛЬШОЙ»



/А.В. Седельник

10 декабря 2015 года

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

Настоящий акт свидетельствует о том, что в АО МНПФ «БОЛЬШОЙ» при выработке стратегии формирования инвестиционных портфелей застрахованных лиц используются следующие результаты интеллектуальной деятельности, полученные Мицелем А.А. и Рекундаль О.И.:

- методика отбора финансовых инструментов с известным сроком погашения;
- интегрированная модель формирования инвестиционного портфеля;
- динамическая модель управления инвестиционным портфелем.

Использование методики отбора финансовых инструментов и моделей формирования и управления портфелем позволило увеличить показатели инвестирования первых трех кварталов 2015 года на 10% по сравнению с аналогичным периодом 2014 года.

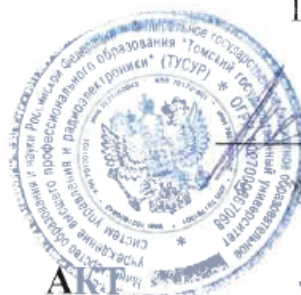
УТВЕРЖДАЮ

Проректор ТУСУР по НР

д.т.н., профессор

А. А. Шелупанов

5.09.2013 г.



о внедрении результатов кандидатской диссертации

Рекундадь Ольги Игоревны в учебный процесс

Результаты диссертационной работы Рекундадь О.И. используются при изучении студентами ТУСУР курса: «Математическая экономика» по специальности 080801 – «Прикладная информатика в экономике» на кафедре АСУ.

В вышеизложенном курсе использованы следующие результаты диссертационной работы:

1. модель формирования инвестиционного портфеля пенсионных накоплений, включающую иммунизированный от изменений процентных ставок подпортфель облигаций;
2. методика оценки инвестиционной привлекательности облигаций муниципальных и субфедеральных заемщиков.



УТВЕРЖДАЮ

Проректор ТПУ по НР и

А. Н. Пестряков, д.х.н.

2013 г.

АКТ

о внедрении результатов кандидатской диссертации

Рекундаль Ольги Игоревны в учебный процесс

Результаты диссертационной работы Рекундаль О.И. используются при изучении студентами ТПУ курса: «Финансовая математика» по направлению 010400 – «Прикладная математика и информатика» (профиль – применение математических методов к решению инженерных и экономических задач) на кафедре ВМиМФ.

В вышеизложенном курсе использованы следующие результаты диссертационной работы:

1. модель формирования инвестиционного портфеля пенсионных накоплений, включающую иммунизированный от изменений процентных ставок подпортфель облигаций;
2. методика оценки инвестиционной привлекательности облигаций муниципальных и субфедеральных заемщиков;
3. система поддержки принятия решения инвестора при управлении инвестиционным портфелем пенсионных накоплений.

Приложение 2

Рассмотрим задачу управления с квадратичным критерием

$$J = M \left\{ \sum_{t=1}^{T-1} z^T(t) C^T C z(t) + \sum_{t=0}^{T-1} (-b^T(t) \cdot u(t) + u^T(t) \Omega(t) u(t)) + \right. \\ \left. + z^T(T) C^T C z(T) \right\} \rightarrow \min_{u(t)}, \quad (\Pi 1)$$

$$z(t+1) = \left(A_0(t) + \sum_{j=1}^n A_j(t) w_j(t) \right) z(t) + \left(B_0(t) + \sum_{j=1}^n B_j(t) w_j(t) \right) u(t), \quad (\Pi 2)$$

$$\begin{cases} CHz(t) \leq Cz(t), \\ CFz(t) = Cz(t). \end{cases} \quad (\Pi 3)$$

$$\begin{cases} Ez(t) + EYu(t) \leq XV^0(t), \\ z(t) + Yu(t) \geq 0. \end{cases} \quad t = 0, \dots, T-1 \quad (\Pi 4)$$

Преобразуем нашу задачу к эквивалентной задаче квадратичного программирования. Подставим (Π2) в (Π1).

Зададим горизонт $T = 4$

В результате целевая функция примет вид

$$\begin{aligned} J = & z^T(0) L_{11}(0) z(0) + 2z^T(0) L_{12}(0) u(0) + \\ & + 2z^T(0) A_0^T(0) L_{12}(1) u(1) + 2z^T(0) A_0^T(0) A_0^T(1) L_{12}(2) u(2) + \\ & + 2z^T(0) A_0^T(0) A_0^T(1) A_0^T(2) L_{12}(3) u(3) + \\ & + 2u^T(0) B_0^T(0) L_{12}(1) u(1) + 2u^T(0) B_0^T(0) A_0^T(1) L_{12}(2) u(2) + \\ & + 2u^T(0) B_0^T(0) A_0^T(1) A_0^T(2) L_{12}(3) u(3) + \\ & + 2u^T(1) B_0^T(1) L_{12}(2) u(2) + 2u^T(1) B_0^T(1) L_{12}(3) u(3) + \\ & + 2u^T(2) B_0^T(2) L_{12}(3) u(3) + u^T(0) S_{00} u(0) + \\ & + u^T(1) S_{11} u(1) + u^T(2) S_{22} u(2) + u^T(3) S_{33} u(3) + \\ & - b^T(0) u(0) - b^T(1) u(1) - b^T(2) u(2) - b^T(3) u(3) \rightarrow \min_{u(t)} \end{aligned} \quad (\Pi 5)$$

где

$$\begin{aligned}
Q(4) &= h, \quad h = C^T C; \quad L_{11}(3) = \sum_{j=0}^n A_j^T(3)Q(4)A_j(3), \\
L_{22}(3) &= \sum_{j=0}^n B_j^T(3)Q(4)B_j(3), \quad L_{12}(3) = \sum_{j=0}^n A_j^T(3)Q(4)B_j(3); \\
Q(3) &= L_{11}(3) + h, \quad L_{11}(2) = \sum_{j=0}^n A_j^T(2)Q(3)A_j(2); \\
L_{22}(2) &= \sum_{j=0}^n B_j^T(2)Q(3)B_j(2), \quad L_{12}(2) = \sum_{j=0}^n A_j^T(2)Q(3)B_j(2); \\
Q(2) &= L_{11}(2) + h, \quad L_{11}(1) = \sum_{j=0}^n A_j^T(1)Q(2)A_j(1), \\
L_{22}(1) &= \sum_{j=0}^n B_j^T(1)Q(2)B_j(1), \quad L_{12}(1) = \sum_{j=0}^n A_j^T(1)Q(2)B_j(1); \\
Q(1) &= L_{11}(1) + h, \quad L_{11}(0) = \sum_{j=0}^n A_j^T(0)Q(1)A_j(0), \\
L_{22}(0) &= \sum_{j=0}^N B_j^T(0)Q(1)B_j(0), \quad L_{12}(0) = \sum_{j=0}^N A_j^T(0)Q(1)B_j(0).
\end{aligned} \tag{П6}$$

$$\begin{aligned}
S_{00} &= L_{22}(0) + \Omega(0); \quad S_{11} = L_{22}(1) + \Omega(1); \\
S_{22} &= L_{22}(2) + \Omega(2); \quad S_{33} = L_{22}(3) + \Omega(3).
\end{aligned} \tag{П7}$$

Введем обозначения

$$\begin{aligned}
\phi_0 &= L_{12}(0); \quad \phi_1 = A_0^T(0)L_{12}(1); \\
\phi_2 &= A_0^T(0)A_0^T(1)L_{12}(2); \quad \phi_3 = A_0^T(0)A_0^T(1)A_0^T(2)L_{12}(3)
\end{aligned} \tag{П8}$$

$$\begin{aligned}
S_{01} &= B_0^T(0)L_{12}(1); \quad S_{02} = B_0^T(0)A_0^T(1)L_{12}(2); \\
S_{03} &= B_0^T(0)A_0^T(1)A_0^T(2)L_{12}(3); \\
S_{12} &= B_0^T(1)L_{12}(2); \quad S_{13} = B_0^T(1)A_0^T(2)L_{12}(3); \\
S_{23} &= B_0^T(2)L_{12}(3).
\end{aligned} \tag{П9}$$

Введем составные матрицы

$$\begin{aligned}
\Phi &= (\phi_0 \quad \phi_1 \quad \phi_2 \quad \phi_3); \\
B &= (b(0) \quad b(1) \quad b(2) \quad b(3))^T; \\
U &= (u(0) \quad u(1) \quad u(2) \quad u(3))^T.
\end{aligned} \tag{П10}$$

$$S = \begin{pmatrix} S_{00} & S_{01} & S_{02} & S_{03} \\ S_{10} & S_{11} & S_{12} & S_{13} \\ S_{20} & S_{21} & S_{22} & S_{23} \\ S_{30} & S_{31} & S_{32} & S_{33} \end{pmatrix}. \quad (\Pi 11)$$

Тогда критерий (П1) примет вид

$$J = \left\{ z^T(0)L_{11}(0)z(0) + (2z^T(0)\phi - B)U + U^T S U \right\} \rightarrow \min_U \quad (\Pi 12)$$

Запишем формулы (П7) – (П11) в общем случае

$$\begin{cases} L_{11}(t) = \sum_{j=0}^n A_j^T(t)Q(t+1)A_j(t), \\ L_{22}(t) = \sum_{j=0}^n B_j^T(t)Q(t+1)B_j(t), \quad t = T-1, T-2, \dots, 0. \\ L_{12}(t) = \sum_{j=0}^n A_j^T(t)Q(t+1)B_j(t). \end{cases} \quad (\Pi 13)$$

$$Q(T) = h, \quad h = C^T C;$$

$$Q(t) = L_{11}(t) + h, \quad t = T-1, T-2, \dots, 0. \quad (\Pi 14)$$

$$\phi_s = \left\{ \prod_{j=0}^{T-1} A_0(j) \right\} L_{12}(s); \quad s = 0, 1, \dots, T-1; \quad (\Pi 15)$$

$$S_{si} = S_{is} = \begin{cases} B_0(i) \left(\prod_{j=i}^{s-1} A_0(j) \right) L_{12}(s), & i < s; \\ L_{22}(i) + \Omega(i), & i = s; \end{cases} \quad i, s = 0, 1, \dots, T-1. \quad (\Pi 16)$$

$$\prod_{j=p}^{p-1} A_0(j) = I.$$

$$\phi = (\phi_0 \quad \phi_1 \quad \dots \quad \phi_{T-1});$$

$$B = (b(0) \quad b(1) \quad \dots \quad b(T-1))^T;$$

$$U = (u(0) \quad u(1) \quad \dots \quad u(T-1))^T. \quad (\Pi 17)$$

Заметим, что формулы вида (П13) – (П16) были получены в работе [12].

Преобразуем ограничения (П3). При $t = 0$ все ограничения выполняются автоматически, так как при этих ограничениях было найдено начальное распределение капитала (решение задачи (3.18)).

Запишем каждое из ограничений (П3) в общем виде

$$P_s \cdot z(t) \leq 0, \quad t = 1, \dots, T; \quad s = 1, \dots, 2. \quad (\text{П18})$$

Здесь $P_1 = C(H - I)$, $P_2(t) = C(F(t) - I)$.

Уравнение состояния (П2) перепишем в виде

$$z(t+1) = A_\Sigma(t)z(t) + B_\Sigma(t)u(t), \quad (\text{П19})$$

где

$$A_\Sigma(t) = A_0(t) + \sum_{j=1}^n A_j(t)w_j(t) \quad B_\Sigma(t) = B_0(t) + \sum_{j=1}^n B_j(t)w_j(t). \quad (\text{П20})$$

Подставляя уравнение состояния (П19) в (П18), получим:

для $t = 1$

$$P_s B_\Sigma(0)u(0) \leq -P_s A_\Sigma(0)z(0),$$

для $t = 2$

$$P_s A_\Sigma(1)B_\Sigma(0)u(0) + P_s B_\Sigma(1)u(1) \leq -P_s A_\Sigma(1)A_\Sigma(0)z(0)$$

для $t = 3$

$$P_s A_\Sigma(2)A_\Sigma(1)B_\Sigma(0)u(0) + P_s A_\Sigma(2)B_\Sigma(1)u(1) + P_s B_\Sigma(2)u(2) \leq \\ \leq -P_s A_\Sigma(2)A_\Sigma(1)A_\Sigma(0)z(0)$$

для $t = T$

$$P_s \prod_{j=1}^{T-1} A_\Sigma(j) \cdot B_\Sigma(0)u(0) + P_s \prod_{j=2}^{T-1} A_\Sigma(j) \cdot B_\Sigma(1)u(1) + \\ + P_s \prod_{j=3}^{T-1} A_\Sigma(j) \cdot B_\Sigma(2)u(2) + \dots + P_s A_\Sigma(T-1)B_\Sigma(T-2)u(T-2) + \\ + P_s B_\Sigma(T-1)u(T-1) \leq -P_s \prod_{j=0}^{T-1} A_\Sigma(j) \cdot z(0)$$

Введем блочную матрицу $R^{(s)}$ с элементами

$$R_{11}^{(s)} = P_s B_\Sigma(0);$$

$$R_{21}^{(s)} = P_k A_\Sigma(1) B_\Sigma(0), \quad R_{22}^{(s)} = P_s B_\Sigma(1);$$

$$R_{31}^{(s)} = P_s A_\Sigma(2) A_\Sigma(1) B_\Sigma(0), \quad R_{32}^{(s)} = P_s A_\Sigma(2) B_\Sigma(1), \quad R_{33}^{(s)} = P_s B_\Sigma(2);$$

.....

$$R_{T,1}^{(s)} = P_k \prod_{j=1}^{T-1} A_\Sigma(j) \cdot B_\Sigma(0), \quad R_{T,2}^{(s)} = P_s \prod_{j=2}^{T-1} A_\Sigma(j) \cdot B_\Sigma(1),$$

$$R_{T,3}^{(s)} = P_k \prod_{j=3}^{T-1} A_\Sigma(j) \cdot B_\Sigma(2), \quad R_{T,T-1}^{(s)} = P_s A_\Sigma(T-1) B_\Sigma(T-2),$$

$$R_{T,T}^{(s)} = P_s B_\Sigma(T-1).$$

Таким образом, получим для элементов блочной матрицы R

$$R_{ir}^{(s)} = \begin{cases} P_s \prod_{j=r}^{i-1} A_\Sigma(j) \cdot B_\Sigma(r-1), & i > r, \\ P_s B_\Sigma(i-1), & i = r, \\ 0, & i < r \end{cases}$$

$$s = 1, 2; \quad i, r = 1, \dots, T \quad (\text{П21})$$

Размерность матрицы $R^{(s)}$ равна $T \times (n+k) \cdot T$.

Введем вектор Ψ_s с компонентами

$$\Psi_s(i) = -P_s \prod_{j=0}^{i-1} A_\Sigma(j) \cdot z(0), \quad i = 1, \dots, T; \quad s = 1, 2 \quad (\text{П22})$$

Первое ограничение (П4) после подстановки (П19) примет вид

$$EYu(0) \leq XV^0(0) - Ez(0),$$

$$EB_\Sigma(0)u(0) + EYu(1) \leq XV^0(1) - EA_\Sigma(0)z(0),$$

$$EA_\Sigma(1)B_\Sigma(0)u(0) + EB_\Sigma(1)u(1) + EYu(2) \leq XV^0(2) - EA_\Sigma(1)A_\Sigma(0)z(0),$$

.....

$$EA_\Sigma(T-2)A_\Sigma(T-3) \cdots A_\Sigma(1)B_\Sigma(0)u(0) + EA_\Sigma(T-2)A_\Sigma(T-3) \cdots A_\Sigma(2)B_\Sigma(1)u(1) + \\ + EYu(T-1) \leq XV^0(T-1) - EA_\Sigma(T-2) \cdots A_\Sigma(0)z(0).$$

Введем блочную матрицу N

$$N_{ir} = \begin{cases} E \prod_{j=r}^{i-2} A_{\Sigma}(j) \cdot B_{\Sigma}(r-1), & i > r, \\ EY, & i = r, \\ 0, & i < r \end{cases}, i, r = 1, \dots, T; \prod_{j=l}^{l-1} A_{\Sigma}(j) = I \quad (\Pi 23)$$

и матрицу

$$\begin{aligned}\Delta(i) &= XV^0(t) - E \prod_{j=0}^{i-1} A_{\Sigma}(j) \cdot z(0), \quad i=1, \dots, T-1; \\ \Delta(0) &= XV^0(0) - Ez(0).\end{aligned}\tag{II24}$$

Второе ограничение (П40) после подстановки (П19) примет вид

$$\begin{aligned} Yu(0) &\geq -z(0), \\ B_{\Sigma}(0)u(0) + Yu(1) &\geq -A_{\Sigma}(0)z(0), \\ A_{\Sigma}(1)B(0)u(0) + B_{\Sigma}(1)u(1) + Yu(2) &\geq -A_{\Sigma}(1)A_{\Sigma}(0)z(0), \\ &\dots\dots\dots \\ A_{\Sigma}(T-2)A_{\Sigma}(T-3)\cdots A_{\Sigma}(1)B(0)u(0) + A_{\Sigma}(T-2)A_{\Sigma}(T-3)\cdots A_{\Sigma}(2)B_{\Sigma}(1)u(1) + \\ + Yu(T-1) &\geq -A_{\Sigma}(T-2)\cdots A_{\Sigma}(0)z(0). \end{aligned}$$

Введем блочную матрицу Φ

$$\Phi_{ir} = \begin{cases} -\prod_{j=r}^{i-2} A_{\Sigma}(j) \cdot B_{\Sigma}(r-1), & i > r, \\ -Y, & i = r, \\ 0, & i < r \end{cases}, \quad i, r = 1, \dots, T; \quad \prod_{j=l}^{l-1} A_{\Sigma}(j) = I \quad (\Pi 25)$$

И

$$\Lambda(i) = \prod_{j=0}^{i-1} A_{\Sigma}(j) \cdot z(0), \quad i = 1, \dots, T-1; \quad \Lambda(0) = e \quad (\Pi 26)$$

Где $e = (1, \dots, 1)$ – вектор длиной $(n + k + 1)$.

Таким образом, задача слежения примет вид

$$\begin{aligned}
J &= \left\{ z^T(0)L_{11}(0)z(0) + \left(2z^T(0)\phi - B \right)^T U + U^T S U \right\} \rightarrow \min_U \\
R^{(1)} \cdot U &\leq \Psi_1, \\
R^{(2)} \cdot U &= \Psi_2, \\
\Phi \cdot U &\leq \Lambda, \\
N \cdot U &\leq \Delta.
\end{aligned} \tag{П27}$$

Алгоритм решения задачи

Задача (П.27) представляет собой задачу квадратичного программирования и может быть решена стандартным методом с помощью любого математического пакета. Размерность задачи составляет $(n+k) \times T$, и при $(n+k)=10$ и $T=10$ получим число переменных, равное 100. Количество ограничений при этом равно $2T + 2(n+k+1) \cdot T = 240$.

Для решения этой задачи воспользуемся теорией двойственности.

Обозначим $h_u = (2z^T(0)\phi - B)$. Введем составную матрицу $A_u = \begin{pmatrix} R^{(1)} \\ \Phi \\ N \end{pmatrix}$ размерности $(T + 2(n+k+1) \cdot T) \times (n+k) \cdot T$, вектор $a_u = \begin{pmatrix} \Psi_1 \\ \Lambda \\ \Delta \end{pmatrix}$ размерности $(T + 2(n+k+1) \cdot T)$, матрицу $B_u = R^{(2)}$ размерности $T \times (n+k) \cdot T$ и вектор $b_u = \Psi_2$ размерности T . Обозначим за $H_u = S$ матрицу размерности $(n+k) \cdot T \times (n+k) \cdot T$.

Перепишем (П27)

$$\begin{aligned}
J &= \left\{ U^T H_u U + h_u^T U \right\} \rightarrow \min_U, \\
A_u \cdot U &\leq a_u, \\
B_u \cdot U &= b_u
\end{aligned} \tag{П28}$$

Двойственная задача, по Лагранжу, состоит в максимизации функции $\Theta(\mu_u, \lambda_u U)$ при $\mu_u \geq 0$, где $\Theta(\mu_u, \lambda_u U)$ равна:

$$\Theta(\mu_u, \lambda_u, U) = \min_U \left\{ U^T H_u U + h_u^T U + \mu_u^T (A_u U - a_u) + \lambda_u^T (B_u \cdot U - b_u) \right\} \quad (\text{П29})$$

Функция $\Theta(\mu_u, \lambda_u U)$ строго выпуклая по аргументу U и достигает своего минимума по U в точке

$$2H_u U + h_u + A_u^T \mu_u + B_u^T \lambda_u = 0, \quad (\text{П30})$$

откуда следует:

$$U = -\frac{1}{2} H_u^{-1} (h_u + A_u^T \mu_u + B_u^T \lambda_u). \quad (\text{П31})$$

Подставим это решение в (П29), получим

$$\begin{aligned} \Theta(\mu_u, \lambda_u) &= \frac{1}{2} \mu_u^T D_u \mu_u + \frac{1}{2} \lambda_u^T G_u \lambda_u + \mu_u^T c_u + \mu_u^T S_u \lambda_u + \lambda_u^T d_u \rightarrow \max_{\mu_u, \lambda_u}, \\ \mu_u &\geq 0, \end{aligned} \quad (\text{П32})$$

где

$$D_u = -A_u H_u^{-1} A_u^T; \quad G_u = -B_u H_u^{-1} B_u^T; \quad S_u = -A_u H_u^{-1} B_u^T; \quad (\text{П33})$$

$$c_u = -\left(a_u + A_u H_u^{-1} h_u \right); \quad d_u = -(b_u + B_u H_u^{-1} h_u). \quad (\text{П34})$$

Здесь мы опустили слагаемое $-\frac{1}{2} h_u^T H_u^{-1} h_u$, независящее от μ_u и λ_u .

Так как, на λ_u ограничения не наложены, то необходимое условие экстремума по λ_u имеет вид

$$\frac{\partial \Theta(\mu_u, \lambda_u)}{\partial \lambda_u} = 0. \quad (\text{П35})$$

Отсюда следует

$$\lambda_u = -G_u^{-1} (d_u + S_u^T \mu_u). \quad (\text{П36})$$

Подставим выражение (П36) в (П32), в результате придем к следующей задаче оптимизации

$$\left\{ \begin{array}{l} \Theta(\mu_u) = \frac{1}{2} \mu_u^T (D_u + Q_u) \mu_u + \mu_u^T (c_u - z_u) \rightarrow \max_{\mu_u}, \\ \mu_u \geq 0. \end{array} \right. \quad (\text{П37})$$

где $Q_u = -S_u G_u^{-1} S_u^T, z = S_u G_u^{-1} d_u$.

В выражении мы опустили слагаемые $-\frac{1}{2} h_u^T H_u^{-1} h_u, -\frac{1}{2} d_u^T G_u^{-1} d_u$, не зависящие от μ_u .

Решив задачу (П37), найдем векторный параметр μ_u и затем подставим в выражение (П36), а затем все это подставим в (П31) и, таким образом, вычислим управление U . Затем найденное управление U подставим в (П2) найдем динамику стоимости портфеля.

Приложение 3

Запуск программы осуществляется двойным щелчком левой кнопки мыши. На экране появляется основная форма автоматизированной информационной системы, которая представлена на рис. П1.

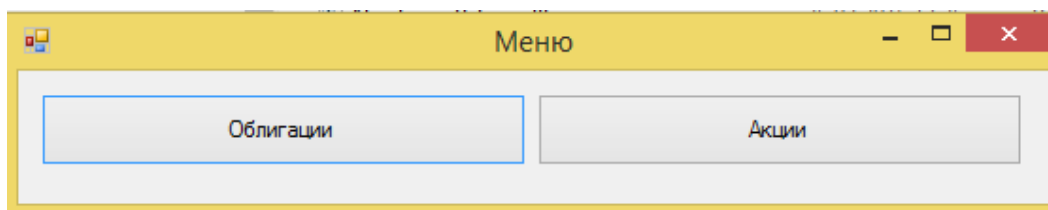


Рис. П1. Основная форма

Нажимаем кнопку «Облигации», затем выбираем нужный облигационный выпуск (рис. П2).

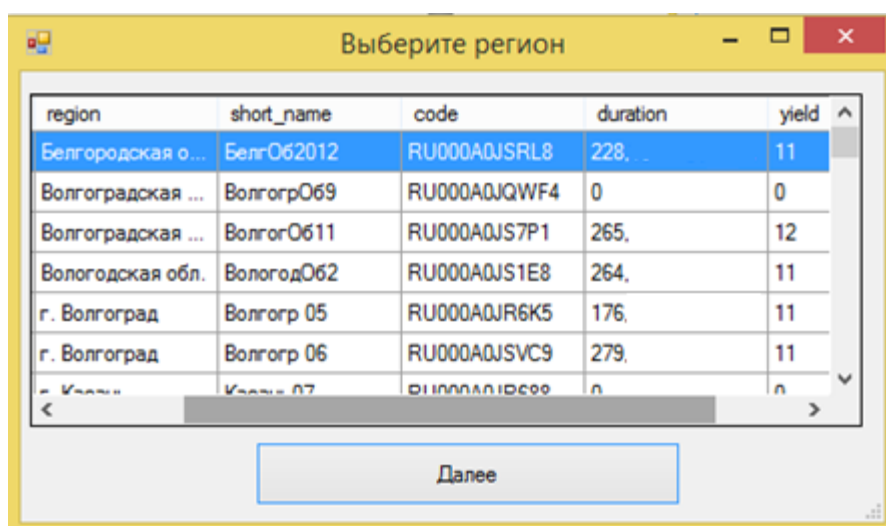


Рис. П2. Форма выбора региона

При выборе региона появляется форма, представленная на рис. П3.

Выберите дату

24 февраля 2015 г.

Доходность по средневзвешенной: 16,61

Дюрация: 362

Построить график G-кривой

Рис. П3. Форма выбора даты

Далее при выборе даты, на форму выводятся данные по средневзвешенной доходности и дюрации, а при нажатии на кнопку строится график G-кривой (рис. П.4).

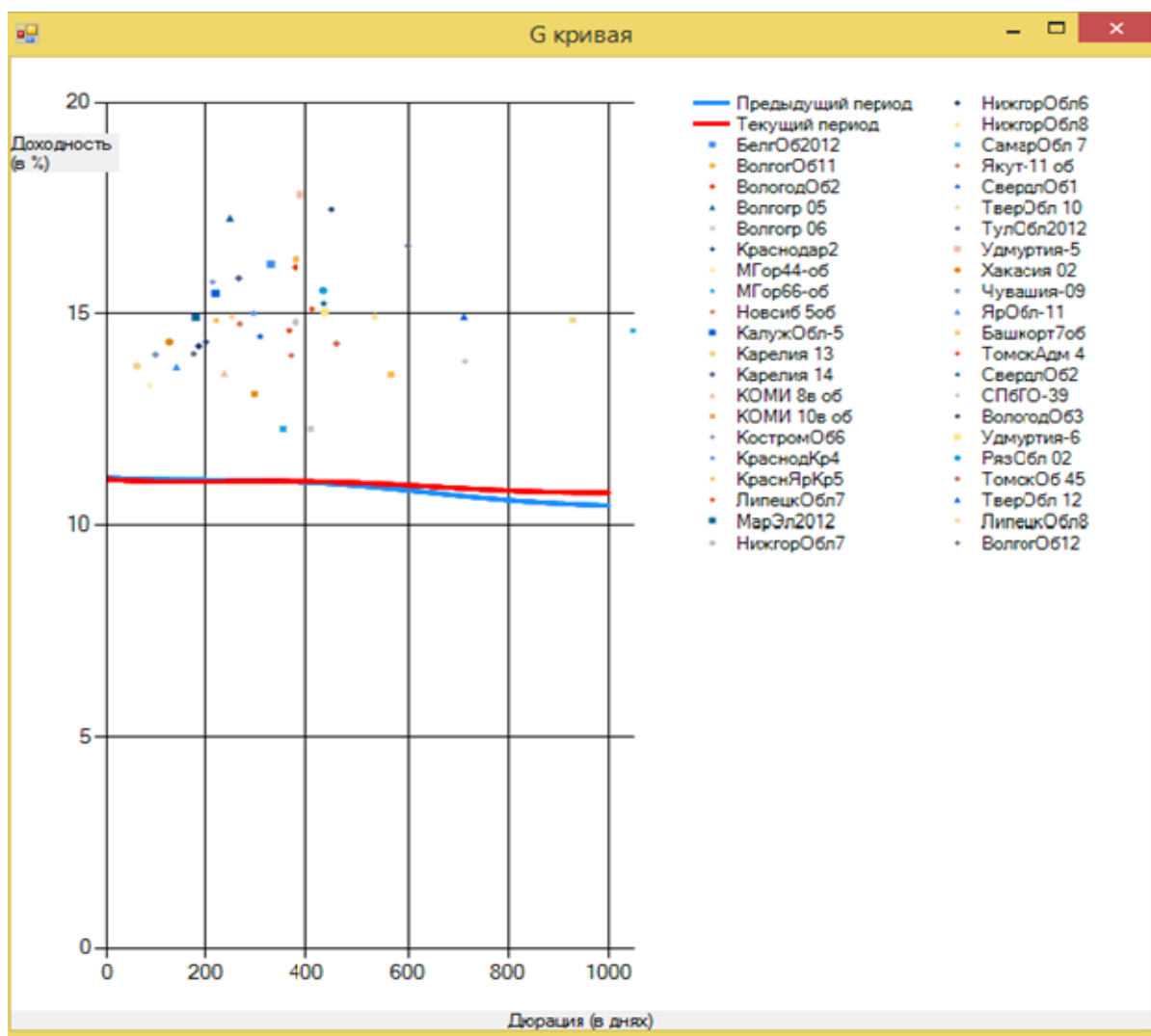


Рис. П4. Форма построения графика G-кривой

Возвращаясь на основную форму, нажимаем кнопку «Акции» и указываем нужную дату (рис. П5).

Выберите дату

10 февраля 2015 г.

Далее

Рис. П5. Форма выбора даты по акциям

Далее после выбора даты, переходим на окно выбора акции (рис П6).

Выберите акции

	Code	CodeStr	ShortName	Доходность
	81820	ALRS	АПРОСА оо	0,001
	19043	VTBR	ВТБ оо	0,013
	9	IRGZ	ИркЭнерго	0,012
	80593	TAER	ТРАНСАЭР оо	-0,000
	17564	AKRN	Акрон	0,001
	1012	TRNFP	Трансф ап	0,002
	81757	BANE	Башнефт оо	-0,00
	19715	AFKS	Система оо	0,001
	29	AEI T	Аэрофлот	0,000

Далее

Рис. П6. Форма выбора акции

На рисунке П7 представлены данные по акции: доходность, средняя доходность и матрица ковариаций.

Информация об акции					
Акция: АПРОСА ао					
Доходность: -0,006439743 (ежемесячная)					
Среднее: -0,0008707929 (месячное)					
Ковариация (матрица)					
	0,000	0,000	-0,000	8,985	4,870
	4,488	6,413	5,398	5,609	-8,508
	0,000	0,000	0,000	8,155	5,543
	0,000	0,000	3,633	-1,253	0,000
	0,000	4,600	-3,673	-1,232	0,000
►	8,099	-2,709	-5,956	-3,833	-1,515
	0,000	5,410	7,972	1,337	-1,893
	-5,107	3,294	-5,393	-2,265	-6,071
	-3,177	-4,958	-0,000	6,777	-3,147
	-8,854	1,550	6,592	-5,011	3,598

Рис. П7. Форма информации об акциях