

**На правах рукописи**

**КУРЕЛЕНКОВА Юлия Вениаминовна**

**СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ  
ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ПОРТФЕЛЯ ЦЕННЫХ БУМАГ  
НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСНЫХ МЕР РИСКА**

**Специальность 05.13.10 – Управление  
в социальных и экономических системах**

**АВТОРЕФЕРАТ  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук**

**Уфа–2009**

Работа выполнена  
в Государственном образовательном учреждении  
высшего профессионального образования  
«Уфимский государственный авиационный технический университет»  
на кафедре вычислительной математики и кибернетики

Научный руководитель	д-р физ.-мат. наук, проф. <b>Бронштейн Ефим Михайлович</b>
Официальные оппоненты	д-р техн. наук, проф. <b>Горбатков Станислав Анатольевич</b> канд. техн. наук, доцент <b>Бакусов Леонид Михайлович</b>
Ведущая организация	<b>Институт социально- экономических исследований Уфимского научного центра РАН</b>

Защита состоится «30» июня 2009 г. в 10.00 часов  
на заседании диссертационного совета Д-212.288.03  
при Уфимском государственном авиационном техническом университете  
по адресу: 450000, г.Уфа, ул. К.Маркса, 12

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке университета

Автореферат разослан «18» мая 2009 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
д-р техн. наук, проф.

В.В. Миронов

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы исследования.** В последние годы в нашей стране в связи с широкомасштабными изменениями экономики существенно повысился интерес к постановкам и решению задач теории инвестиций. Среди них значительное место занимают задачи оптимизации инвестиционных портфелей.

Проблема принятия решений при формировании инвестиционного портфеля постоянно находится в центре внимания. Действительно, выбирая из множества альтернатив распределения капитала между финансовыми активами, инвестор получит различные результаты, если под результатом понимать величину дохода, полученного в течение периода владения инвестиционным портфелем. Оптимальное распределение инвестируемого капитала должно обеспечивать в некотором смысле наилучший результат.

В то же время, решение о структуре распределения капитала принимается часто в условиях неопределенности, когда доходность от вложения капитала в объекты инвестирования носит случайный характер. Тем самым появляется риск вложения капитала и задача оптимизации портфеля инвестиций должна ставиться и решаться в условиях наличия риска. При этом эффективная инвестиционная деятельность невозможна без использования специализированных информационных средств поддержки принятия решений.

Значительный вклад в изучение проблем, связанных с формированием инвестиционного портфеля и методами оценки финансовых рисков, внесли такие отечественные исследователи, как А.А. Новоселов, А.В. Мельников, С.Я. Шоргин, А.И. Кибзун, Е.М. Бронштейн, А.О. Недосекин, А.Г. Шоломицкий, И.С. Меньшиков, Д.А. Шелагин, А. Черный, А. Долматов, А. Шапкин, А.А. Лобанов и др., а также зарубежные авторы – Г. Марковиц, У. Шарп, П. Артцнер, Ф. Дэлбэн, Ж.-М. Эбер, Д. Хит, Р.Т. Рокафеллар, С. Юряев, М. Забаранкин, С. Рачев и др.

Еще в 1952 году Г. Марковиц впервые предложил математическую модель формирования оптимального портфеля ценных бумаг на основе теоретико-вероятностной формализации понятия доходности и риска. Однако риск в модели Марковица оценивается при помощи стандартного отклонения, которое не учитывает асимметричность распределения доходности портфеля, а также "тяжелые хвосты". С тех пор было разработано много новых подходов к оценке риска. Однако и они вызывают споры, т.к. обладают своими особенностями и недостатками.

В данной диссертационной работе особое внимание уделено широко распространенным в настоящее время квантильным мерам риска Value-at-Risk, Conditional Value-at-Risk, их модификаций, а также разработке комплексных мер риска, которые объединяют в себе различные подходы к оценке риска.

**Объектом исследования** является инвестиционная деятельность инвестора на фондовом рынке.

**Предметом исследования** является поддержка принятия решений при формировании инвестором портфеля ценных бумаг.

**Цель диссертационной работы состоит в** разработке системы поддержки принятия решений при управлении инвестиционным портфелем, позволяющей формировать оптимальные портфели ценных бумаг на основе комплексных мер риска и подбирать характеристики мер, обеспечивающих наибольшую эффективность.

**Задачи исследования.** Достижение поставленной цели потребовало решения следующих задач:

1. Предложить комплексные меры риска, которые учитывали бы многообразие различных подходов к оценке риска и формированию оптимального инвестиционного портфеля.

2. Разработать алгоритм формирования оптимального портфеля на основе предложенных мер риска.

3. Разработать систему поддержки принятия решений при управлении инвестиционным портфелем, позволяющую вычислять различные меры риска, формировать оптимальные портфели ценных бумаг на основе этих мер риска, а также подбирать характеристики мер, обеспечивающих наибольшую эффективность.

4. Провести вычислительные эксперименты на базе статистических данных котировок ценных бумаг российского и мирового фондового рынка для анализа эффективности применения разработанной системы поддержки принятия решений на практике.

**Методы исследования.** При решении поставленных задач использованы методы теории вероятностей и математической статистики, теории принятия решений, экономико-математические методы, методы оптимизации.

**На защиту выносятся:**

1. Комплексные меры риска, используемые для формирования оптимального портфеля ценных бумаг.

2. Алгоритм формирования оптимального портфеля на основе различных мер риска.

3. Система поддержки принятия решений в процессе управления портфелем ценных бумаг.

4. Результаты исследования эффективности разработанной системы поддержки принятия решений в процессе управления инвестиционным портфелем.

**Научная новизна:**

1) Впервые предложены комплексные меры риска инвестиционного портфеля, отличающиеся тем, что интегрируют различные подходы к оценке риска – квантильные меры риска и меры рассеяния, что позволяет учесть различные характеристики распределения доходности.

2) Разработан алгоритм оптимизации структуры портфеля ценных бумаг, который отличается тем, что основан на методе стохастического моделирования и модификации метода Хука—Дживса, что позволяет формировать оптимальный портфель на основе различных мер риска.

3) Новизна системы поддержки принятия решений «OptiRisk» состоит в том, что она основана на разработанных мерах риска, модели и алгоритмах, что позволяет

- осуществлять поддержку принятия решений ЛПР по формированию оптимальной структуры портфелей ценных бумаг на основе комплексных мер риска;
- подбирать характеристики мер риска, при которых обеспечивается наибольшая эффективность оптимальных портфелей.

#### **Практическая значимость:**

1. Предложены новые меры риска инвестиционного портфеля ценных бумаг, в которых для повышения эффективности предусмотрен учет различных характеристик распределения доходности.

2. Предложен и реализован подход к вычислению оптимальных по мерам риска портфелей ценных бумаг на основе исторических данных, с использованием модифицированного метода Хука—Дживса.

3. Разработана информационная система поддержки принятия решений в процессе формирования портфеля ценных бумаг, которая позволяет на основе ретроспективных данных о котировках ценных бумаг формировать оптимальные инвестиционные портфели и оценивать инвестиционный риск на основе различных подходов к оценке риска. Инвестор при работе с данной системой получает возможность выбрать наиболее эффективную инвестиционную стратегию, а также проанализировать эффективность принятых решений о структуре портфеля.

4. Практическую ценность составляют результаты экспериментальных исследований, которые показали эффективность предложенных мер риска и алгоритма формирования оптимальной структуры инвестиционного портфеля.

Получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «Оптимизация портфеля ценных бумаг с использованием различных мер риска».

Практическая значимость результатов подтверждается их внедрением в ОАО «Социнвестбанк», ООО "Росгосстрах Аккорд" и Банке "Национальная Факторинговая Компания" (ЗАО).

#### **Апробация работы и публикации**

Основные научные результаты, полученные в диссертационной работе, обсуждались на научных семинарах Уфимского государственного авиационного технического университета и были представлены на следующих научных конференциях:

- Всероссийская молодежная научно-техническая конференция «Интеллектуальные системы управления и обработки» (УГАТУ, 2003),
- Международный симпозиум «Компьютерные науки и информационные технологии» (Венгрия, 2004),
- VI Всероссийская конференция молодых ученых по математическому моделированию и информационным технологиям с участием иностранных ученых (Кемерово, 2005),
- V Всероссийская конференция «Финансово-актуарная математика и смежные вопросы» (Красноярск, 2006),
- Международный симпозиум «Компьютерные науки и информационные технологии» (Турция, 2008).

Основные положения, представленные в диссертации, опубликованы в 11 научных работах, в том числе в 2 рецензируемых журналах из списка ВАК. Разработанный алгоритм зарегистрирован в Роспатенте.

### **Структура и объем работы**

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, выводов и списка использованных источников из 122 наименований. Основное содержание работы изложено на 154 страницах.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

Во **введении** дается общая характеристика работы: цель исследований, актуальность решаемых задач, определяется научная новизна и практическая значимость защищаемых результатов.

В **первой главе** представлен анализ понятия портфельного инвестирования, классификация инвестиционных стратегий. Приводится анализ существующих моделей формирования инвестиционного портфеля, исследуются особенности понятия «риск» применительно к инвестиционному портфелю, проводится анализ основных направлений исследований в области разработки и применения мер риска. Рассматривается математическая постановка задачи принятия решений в условиях неопределенности, а также формализация понятий «риск» и «мера риска».

Основой современной теории инвестиций является двухкритериальная модель Марковица с критериями математического ожидания и стандартного отклонения. Однако стандартное отклонение не учитывает асимметричность и "тяжесть хвостов" распределения доходности портфеля.

В пост-современной портфельной теории ведутся исследования по разработке альтернативных мер риска, которые лучше учитывали бы структуру распределения доходности. П. Артцнер, Ф. Дэлбэн, Ж.-М. Эбер, Д. Хит впервые предложили аксиоматическое определение когерентных мер риска. Они установили, какими математическими свойствами должна обладать «хорошая» (или достоверная, идеальная) мера риска.

На практике одними из наиболее популярных мер риска стали квантильные меры Value-at-Risk (VaR) и Conditional Value-at-Risk (CVaR). Однако, VaR не является когерентной мерой риска, так как не удовлетворяет свойству субаддитивности. Кроме того, VaR обладает несколькими локальными экстремумами, что может стать серьезной преградой для определения оптимальной структуры портфеля. CVaR преодолевает эти недостатки, однако эта мера так и не стала общепринятым стандартом в области оценки риска.

Обосновывается необходимость разработки комплексных мер риска в задачах формирования оптимального портфеля ценных бумаг. Классы квантильных мер риска и мер рассеяния основаны на принципиально разных подходах к пониманию и оценке риска. Квантильные меры рассматривают риск как минимальную границу доходности с некоторым уровнем достоверности. Меры рассеяния рассматривают риск как отклонение от среднего. Совмещение этих двух подходов позволит учесть различные характеристики распределения доходности. Таким образом, особый интерес представляет создание комбинации этих мер и результаты оптимизации портфеля на основе таких *комплексных* мер риска.

Во **второй главе** представлена экономическая и математическая постановка задачи исследования. Предлагаются комплексные меры риска, которые используются для формирования оптимального инвестиционного портфеля ценных бумаг. Разрабатывается алгоритм для формирования оптимального портфеля ценных бумаг на основе рассмотренных мер риска.

Задача управления портфелем ценных бумаг на основе комплексных мер риска состоит в следующем. Инвестор располагает на начало предстоящего периода деятельности запасом свободного капитала, который он намерен вложить в акции российских и зарубежных компаний из различных отраслей экономики. При этом инвестор не склонен к риску, т.е. при сравнении двух портфелей ценных бумаг, он выберет портфель с наименьшей оценкой риска.

Математическая модель заключается в следующем. Перед инвестором стоит задача размещения средств между  $n$  рисковыми ценными бумагами.

Под портфелем будем понимать вектор  $\Pi = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ . Структура портфеля задана долями  $x_i$  каждой акции  $i = 1, 2, 3, \dots, n$  в портфеле, причем  $\sum_{i=1}^n x_i = 1$ . Также вводится ограничение  $x_i \geq 0$ , т.е. операции "короткие продажи" не разрешены, вес каждой акции в портфеле неотрицателен.

Пусть  $a_{i,t}$  – цена (курс, котировка)  $i$ -й акции в момент времени  $t$ .  $t = 1, 2, 3, \dots, T$ , т.е. в исследовании рассматривается  $T$  моментов времени (соответственно  $T$  цен акций). Значения цен акций фиксируются ежедневно.

Тогда стоимость портфеля  $P_t$  в момент времени  $t$  равна

$$P_t = \sum_{i=1}^n x_i a_{i,t}.$$

Дневная доходность портфеля определяется по формуле

$$r_t = \frac{P_{t+1} - P_t}{P_t},$$

где  $r_t$  – прибыль портфеля в момент времени  $t$ ,  $P_{t+1}$  – стоимость портфеля в момент времени  $t+1$ ,  $P_t$  – стоимость портфеля в момент времени  $t$ .

Под мерой риска будем понимать величину  $R_T(K, \Pi)$ , где  $K$  – набор параметров,  $\Pi$  – структура портфеля,  $T$  – исторический период.

Пусть  $\tau$  – период времени, в течение которого предполагается поддерживать портфель в неизменном состоянии (период владения портфелем). Пусть  $D_\tau(\Pi)$  – доходность портфеля за последующий период времени  $\tau$ .

Решаются две задачи:

1) Задачей исследования является нахождение портфелей, минимизирующих различные меры риска и выбор меры риска, обеспечивающей наиболее эффективные оптимальные портфели за последующий период времени. Оптимизационная модель № 1:

$$\Pi(K) = \arg \min_{\Pi} R_T(K, \Pi) \quad (1)$$

$$\text{при ограничениях } \sum_{i=1}^n x_i = 1, x_i \geq 0.$$

2) Также решается задача поиска набора параметров, обеспечивающих наибольшую эффективность. Тогда оптимизационная модель № 2 имеет вид:

$$K = \arg \max_K D_\tau(\Pi(K))$$

$$\text{при ограничениях } \sum_{i=1}^n x_i = 1, x_i \geq 0.$$

Для решения поставленных задач используются следующие меры риска:

1. **Value-at-Risk (VaR)**. VaR портфеля – это наименьшая доходность, которую предполагается получить на рассматриваемом временном горизонте с вероятностью  $\alpha$ :

$$VaR_\alpha(X) = \max(\xi | P(X \geq \xi) \geq \alpha),$$

где  $P$  – вероятность,  $\xi$  – граница минимальной доходности,  $\alpha \in [0,1]$ . С точки зрения теории вероятностей VaR является  $\alpha$ -квантилью функции распределения доходности.

Существуют различные методики вычисления VaR. Это историческое моделирование, вариационно-ковариационный (или параметрический) подход и имитационное моделирование по методу Монте-Карло. В данной диссертационной работе используется *метод исторического моделирования*, в котором VaR вычисляется как квантиль эмпирического (дискретного) распределения доходности портфеля. Этот метод допускает не нормальность распределения доходности, способен улавливать редкие



события на фондовом рынке, а также не делает никаких предположений относительно распределения доходности, поэтому не содержит модельного риска.

2. **Conditional Value-at-Risk (CVaR)** представляет собой условное математическое ожидание доходности при условии, что ее величина меньше значения VaR:

$$CVaR_{\alpha}(X) = E\{X \mid X \leq VaR_{\alpha}(X)\}.$$

CVaR является когерентной мерой риска. Эта мера риска более адекватно оценивает риск, когда плотность распределения предполагаемой доходности имеет “тяжелый хвост”.

3. **Модификации VaR и CVaR с использованием математического ожидания** доходности  $E(X)$ , предложенные Р.Т. Рокафелларом, С. Юрзевым, М.Забаранкиным (2002):

$$VaR_E = VaR_{\alpha}(X - E(X)),$$

$$CVaR_E = CVaR_{\alpha}(X - E(X)).$$

4. **Модификации VaR и CVaR с использованием медианы** доходности  $Me(X)$ :

$$VaR_{Me} = VaR_{\alpha}(X - Me(X)),$$

$$CVaR_{Me} = CVaR_{\alpha}(X - Me(X)).$$

5. Предложены новые **комплексные меры риска (Complex Risk Measures, CRM)**, объединяющие VaR, CVaR и среднее абсолютное отклонение (Mean absolute deviation, MAD):

$$CRM_1 = CVaR_{\alpha}(X) - \beta MAD,$$

$$CRM_2 = VaR_{\alpha}(X) + CVaR_{\alpha}(X) - \beta MAD,$$

где  $\beta \geq 0$ .

Коэффициент  $\beta$  позволяет изменять вес меры рассеяния при вычислении комплексной меры риска.

Среднее абсолютное отклонение определяется по формуле:

$$MAD = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |x_i - m(X)|,$$

где  $n$  – объем данных в историческом периоде,  $x_i$  – доходность портфеля в момент  $i$ ,  $m(X)$  – среднее значение доходности портфеля на рассматриваемом историческом периоде.

Рассмотренные меры риска используются при оптимизации структуры портфеля, то есть  $R_T(K, \Pi) = -VaR_{\alpha}(X)$ ,  $R_T(K, \Pi) = -CVaR_{\alpha}(X)$  и так далее. Так как за основу вычислений берется ряд относительных изменений доходности портфеля, то для оптимизации используется отрицательная величина Value-at-Risk, Conditional Value-at-Risk и других мер риска.

**Алгоритм** для оптимизации портфеля ценных бумаг с использованием различных мер риска основан на модифицированном методе Хука–Дживса. Общая схема алгоритма представлена на рис. 1.

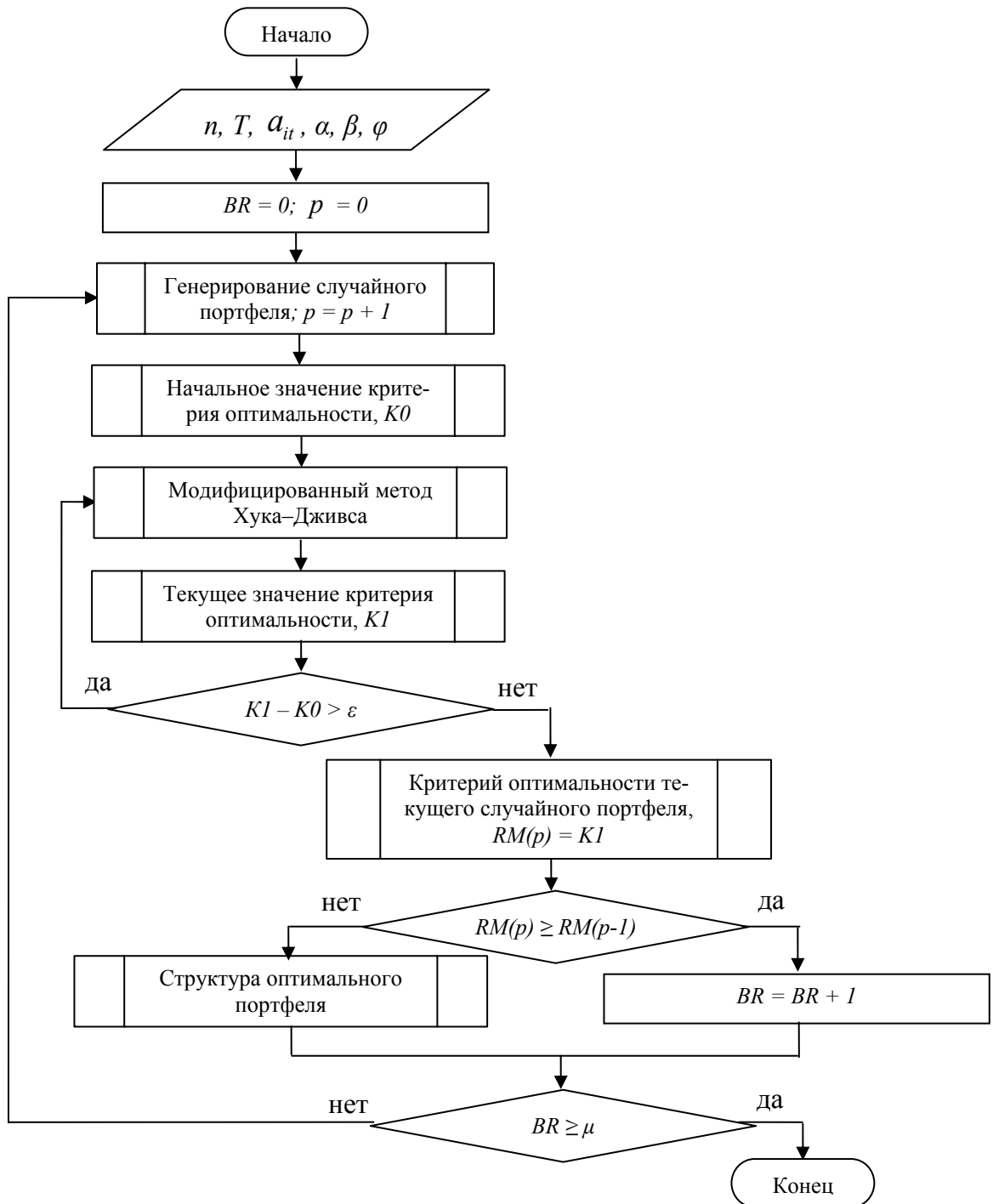


Рисунок 1 – Общая схема алгоритма оптимизации портфеля ценных бумаг

Основные обозначения:  $n$  – число акций,  $T$  – период времени, за который брались исторические данные о курсах акций,  $\varphi$  – период оценки доходности,  $a_{i,t}$  – цена  $i$ -й акции в момент времени  $t$ ,  $t = 1, 2, 3, \dots, T$ ,  $\alpha$  – уровень достоверности,  $\beta$  – коэффициент для расчета CRM,  $\varepsilon \geq 0$ ,  $\mu \geq 0$ , заданные параметры точности алгоритма, BR – число неудачных исходов генерации случайных портфелей (неудача заключается в том, что не удалось уменьшить значение меры риска).

Метод Хука–Дживса заключается в поиске минимального значения критерия оптимальности. В данной диссертационной работе была предложена модификация данного метода:

1. На этапе исследования по образцу сначала выполняется поочередное увеличение каждой из координат с шагом 0,001, при этом создается массив изменений функции по всем координатам (акциям)  $\delta_{i_i}$ ,  $i = 1, \dots, n$ . Если функция уменьшилась,  $\delta_{i_i}$  присваивается величина уменьшения функции. Если функция увеличилась, то  $\delta_{i_i}$  присваивается значение 0.

2. Прирост координат (долей акций в структуре портфеля) осуществляется одновременно (т.е. многомерно), пропорционально полученным значениям  $\delta_{i_i}$ :

$$z_i = (x_i + \delta_{i_i} \cdot Step),$$

где  $z_i$  – новое значение координаты (доли акции в структуре портфеля),  $x_i$  – старое значение координаты, Step – шаг изменения координат.

Кроме того, в данной главе разрабатывается алгоритм подбора параметров вычисления, обеспечивающих наибольшую эффективность.

**Третья глава** посвящена разработке информационной системы поддержки принятия решений «OptiRisk».

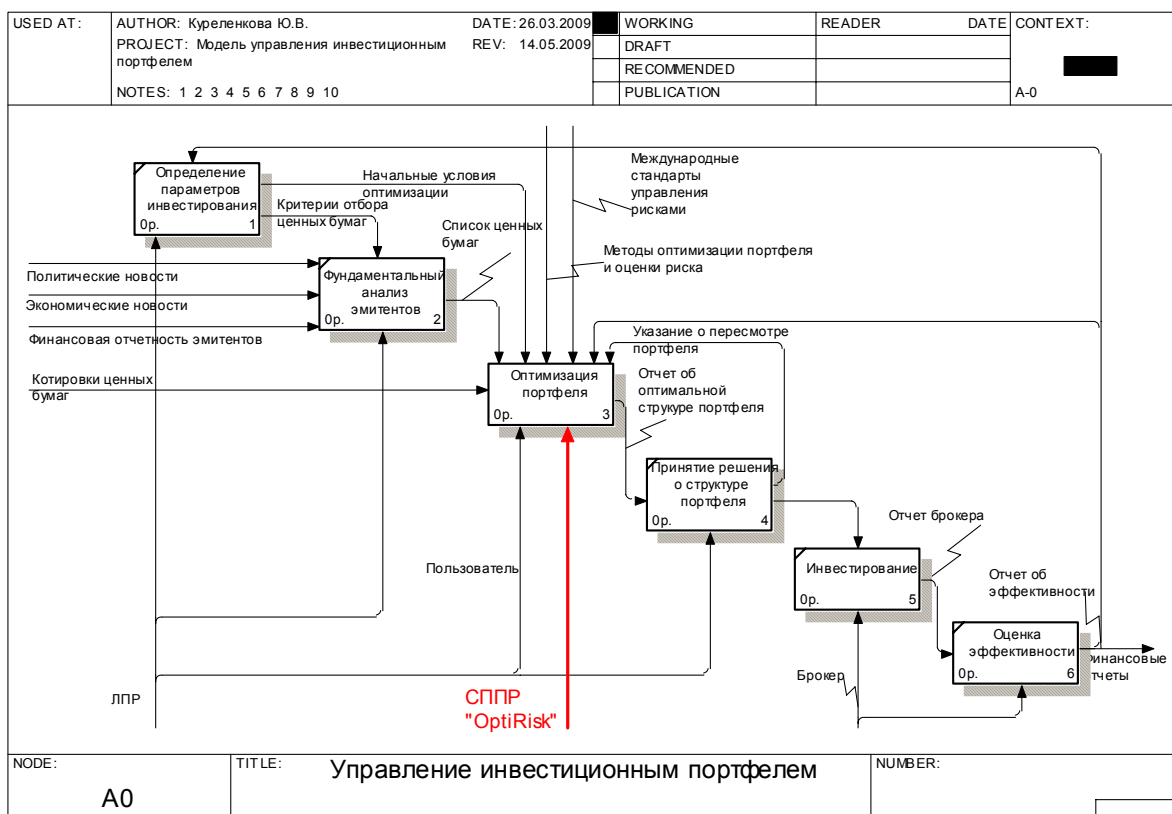


Рисунок 2 – Декомпозиционная диаграмма функциональной модели управления инвестиционным портфелем

В данной главе представлена модель процесса формирования портфеля ценных бумаг как объекта управления. Декомпозиционные диаграммы функциональной модели процесса принятия решения при управлении

инвестиционным портфелем с использованием СППР «OptiRisk» представлены на рис. 2 и рис. 3. Данная модель была разработана с использованием методологии IDEF0.

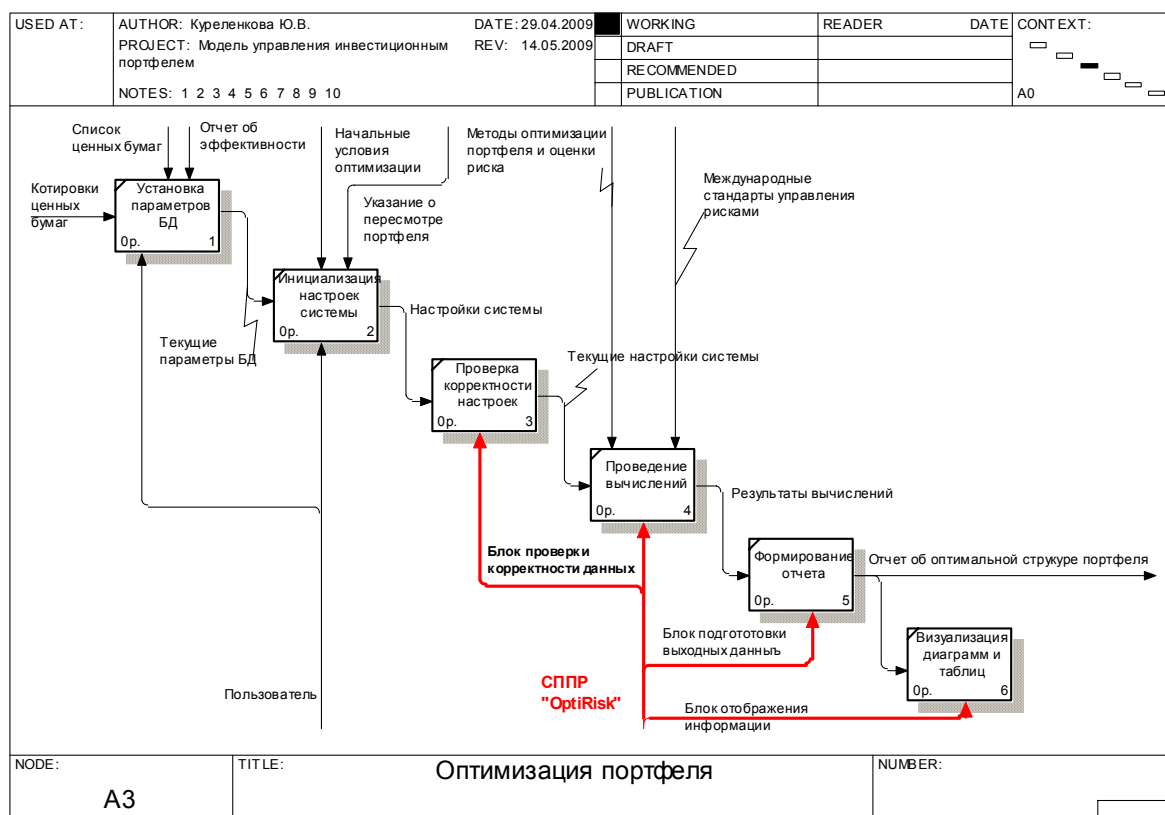


Рисунок 3 – Схема процесса формирования портфеля с использованием СППР «OptiRisk»

На рис. 3 продемонстрирована схема процесса оптимизации портфеля с использованием разработанной ИС ППР «OptiRisk» как декомпозиции блока "Оптимизация портфеля" диаграммы, представленной на рис. 2.

В данной главе проводится анализ и классификация существующих программных средств для формирования инвестиционных портфелей. Анализ рынка программного обеспечения показал, что большинство из существующих программ основывается на модели Марковица. Кроме того, используется ограниченное количество мер риска (стандартное отклонение, VaR, CVaR). Зачастую это не позволяет инвестору подобрать эффективную стратегию оценки риска и формирования оптимальной структуры портфеля.

Также в существующих программах для вычисления оценок риска в основном используются параметрический метод и метод Монте-Карло. Эти методы требуют предположения о виде распределения доходности портфеля, что приводит к возникновению модельного риска. Использование метода исторического моделирования позволит более точно рассчитывать оценки риска и избежать модельного риска при вычислениях.

В рамках данной диссертационной работы разработана информационная система поддержки принятия решений «OptiRisk», предназначенная для решения задач формирования оптимального портфеля ценных бумаг с использованием различных мер риска, оценки риска инвестиционного портфеля и выработки рекомендаций по выбору коэффициентов, необходимых для вычисления выбранных мер риска. Информационная система разработана с использованием Microsoft Visual Basic 6.0.

Система предназначена для консервативных инвесторов, придерживающихся осторожной инвестиционной стратегии с низким уровнем риска. Пользователем системы может быть коммерческая организация, занимающаяся инвестированием в ценные бумаги, отдел банка или частный инвестор.

Предлагается схема аналитической поддержки принятия решений при управлении инвестиционным портфелем на основе разработанной СППР «OptiRisk» (рис. 4).

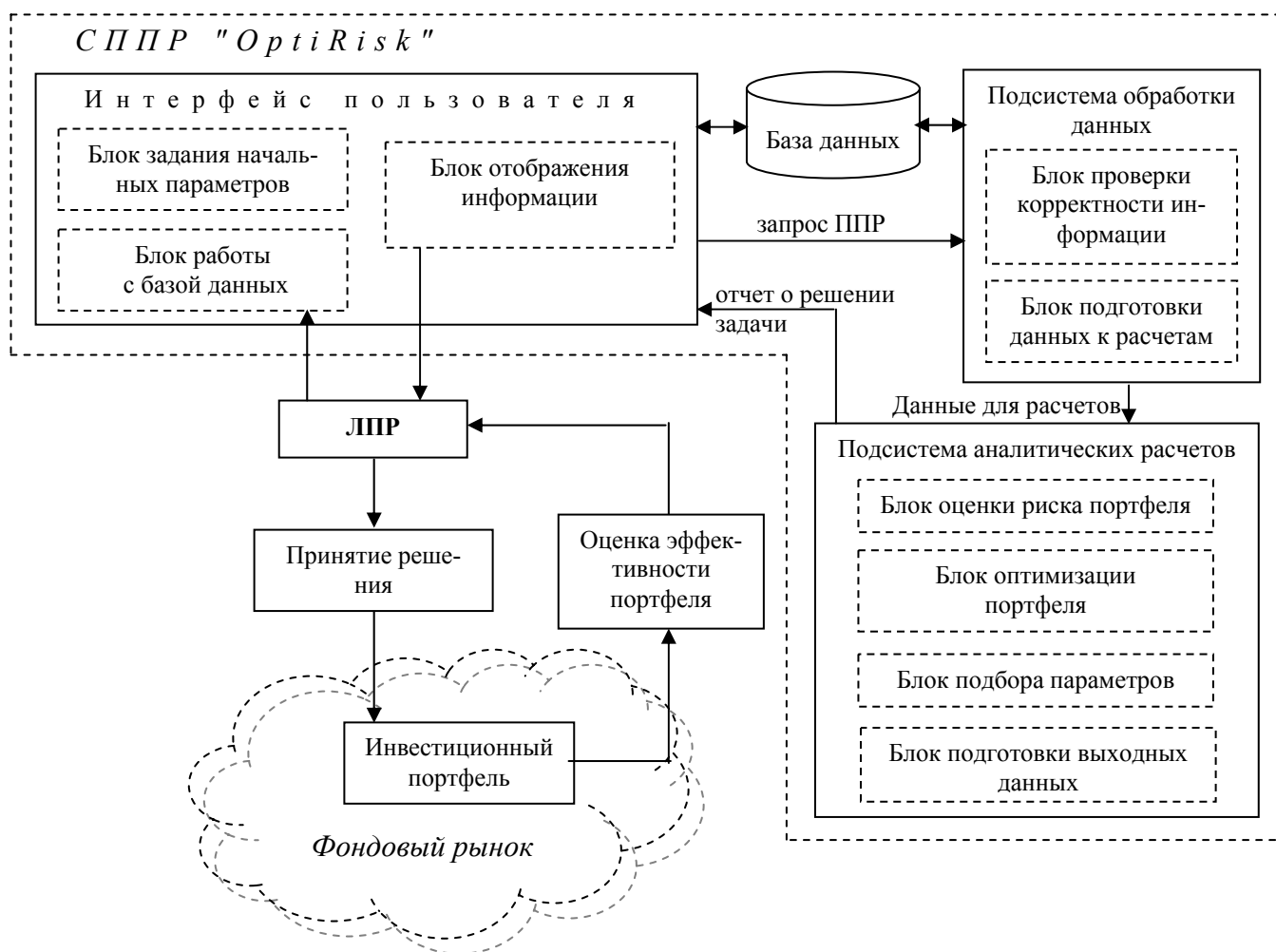


Рисунок 4 – Схема аналитической поддержки процесса управления портфелем ценных бумаг на основе различных мер риска

В данной главе также представлено описание входных и выходных данных информационной системы, требования и рекомендации к техниче-

скому обеспечению, описание задач, выполняемых системой, а также подробное руководство пользователя.

В **четвертой** главе проведен анализ эффективности СППР «OptiRisk» на основе реальных исторических данных, включающих динамику курсов акций крупнейших эмитентов российского и мирового фондового рынка за различные периоды времени. Даются рекомендации по выбору коэффициентов вычисления рассмотренных мер риска.

Исследование эффективности СППР «OptiRisk» проводилось в два этапа. На первом этапе производилась оценка риска произвольного портфеля на некотором промежутке времени. Цель первого этапа состоит в следующем:

- 1) провести сравнительный анализ мер риска на различных исторических периодах;
- 2) подтвердить предположение о том, что мера риска VaR недостаточно адекватно оценивает риск по сравнению с мерой CVaR;
- 3) предложить рекомендации о выборе исторического периода при оценке риска инвестиционного портфеля.

Был взят произвольный портфель акций. В течение 2 месяцев, вычислялись меры риска на основе заданного портфеля скользящим методом и сравнивались с реальной доходностью портфеля на следующий день.

VaR отвечает на вопрос: «Какой может оказаться минимальная доходность портфеля в 95% случаев в течение следующего дня?» В проведенном эксперименте проверяется, не оказалась ли доходность портфеля ниже рассчитанной границы (т.е. минимальной доходности) VaR.

Тот же эксперимент был проведен и с мерой CVaR. Также было проведено сравнение полученных результатов с остальными мерами риска для того, чтобы определить, насколько они чувствительны к изменению доходности портфеля.

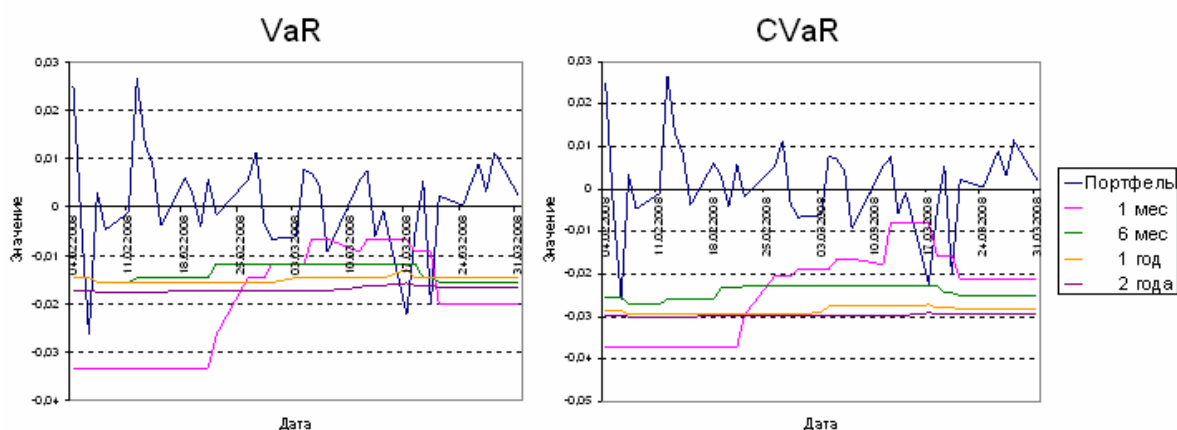


Рисунок 5 – *Графики дневных доходностей портфеля на российском рынке, уровень достоверности 95%*

В результате проведенных экспериментов было выявлено, что оценки, сделанные на основе 1-месячной истории котировок недостаточно аде-

кватно отражали возможное снижение доходности. Минимальное рекомендуемое значение исторического периода – 6 мес. (рис. 5).

Использование меры риска CVaR было предпочтительнее. Доходность портфеля несколько раз падала ниже рассчитанной минимальной границы VaR, т.е. инвестор в данные моменты не получал ожидаемую прибыль.

Мера риска CRM1 более адекватно реагировала на изменение доходности портфеля, чем CRM2 (рис. 6).

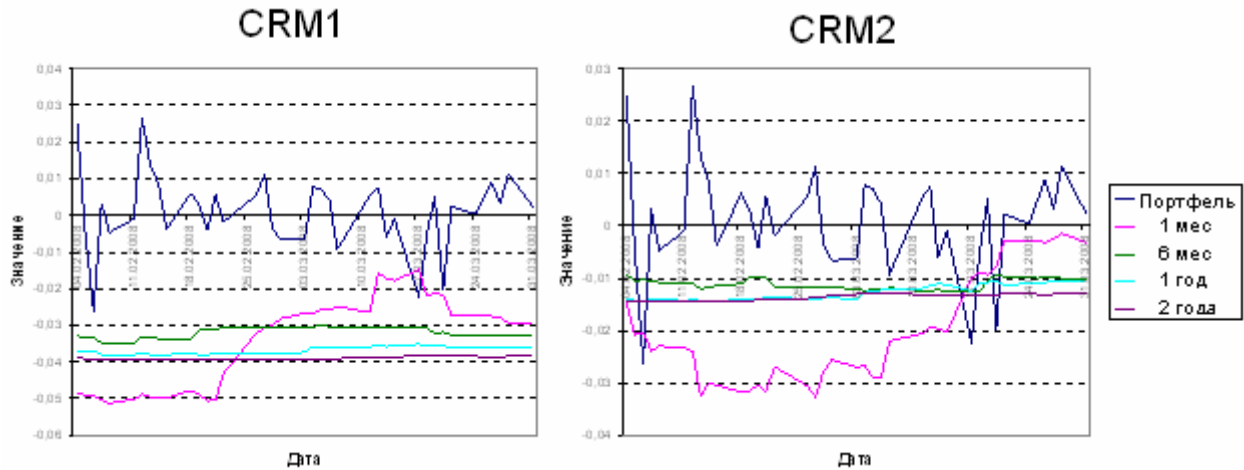


Рисунок 6 – Графики дневных доходностей портфеля на российском рынке, уровень достоверности 95%

На втором этапе исследования производилась оптимизация инвестиционных портфелей по различным мерам риска. Цель второго этапа состоит в следующем:

- 1) оценить эффективность предложенных комплексных мер риска;
- 2) выбрать меры риска, обеспечивающие наибольшую эффективность на последующем временном интервале;
- 3) разработать рекомендации по выбору значений коэффициентов.

Сравнивались оптимальные портфели из российских и зарубежных акций, а также смешанные портфели. Доходность портфелей вычислялась за 30 дней.

Таблица 1 Результаты оптимизации

Фондовый рынок	Наиболее диверсифицированные оптимальные портфели	Мера риска, обеспечивающая в среднем наибольшую доходность	Среднее превышение доходности по отношению к VaR-оптимальному портфелю, %
Мировой рынок	60% VaRMe 40% CVaRMe	CVaRMe	3,4
Российский рынок	67% VaRMe 33% CVaRMe	CRM1	7,4
Смешанные портфели	41% VaRMe 59% CVaRMe	VaR	–

В табл. 1 представлены результаты оптимизации инвестиционных портфелей на основе исторического периода, равного 2 годам, уровня достоверности 95%, коэффициента  $\beta = 5$ .

Наиболее диверсифицированные оптимальные портфели были получены с использованием мер риска  $VaR_{Me}$  и  $CVaR_{Me}$ .

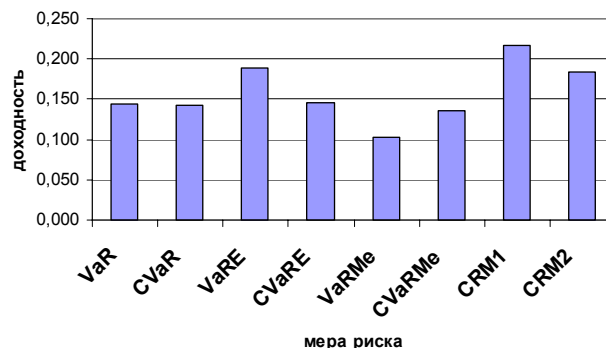


Рисунок 7 – Средняя доходность оптимальных портфелей для различных мер риска, исторический период 2 года, российские акции,  $\beta = 5$ , уровень достоверности 95%,

На российском фондовом рынке мерой риска, обеспечивающей наибольшую доходность оптимальных портфелей стала комплексная мера риска CRM1 (рис. 7). Среднее превышение доходности CRM1-оптимальных портфелей по сравнению с VaR-оптимальными портфелями составило 1,44%. Среднее превышение доходности CRM2-оптимальных портфелей над VaR-оптимальными портфелями составило 1,23%. На мировом фондовом рынке наиболее эффективной стала мера риска CVaR<sub>Me</sub>.

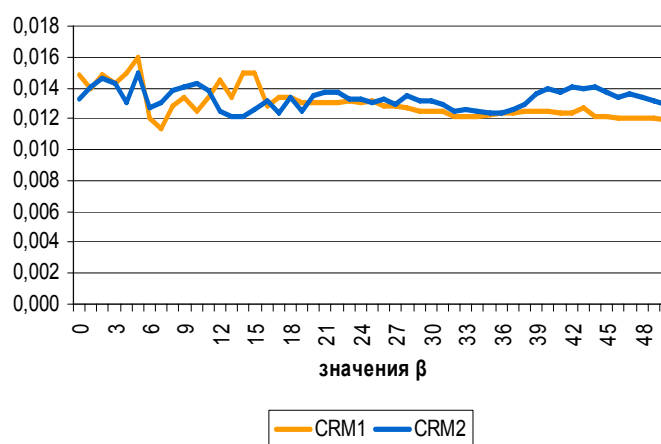


Рисунок 8 – Средняя доходность CRM1- и CRM2-оптимальных портфелей для различных значений  $\beta$

Также было проведено исследование зависимости доходности комплексных мер риска от значений коэффициента  $\beta$ . Установлено, что в среднем наибольшую эффективность для рассмотренных данных обеспечивает значение  $\beta = 5$  (рис. 8).



Вычислительные эксперименты, проведенные на основе ретроспективных данных, показали эффективность разработанной информационной системы поддержки принятия решений «OptiRisk» при управлении инвестиционным портфелем ценных бумаг.

## ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. Предложены комплексные меры риска, которые отличаются тем, что объединяют класс квантильных мер риска и мер рассеяния, что позволяет учесть различные характеристики распределения доходности портфеля.

2. Разработан алгоритм для оптимизации портфеля ценных бумаг, отличающийся тем, что он основан на различных, в том числе предложенных, мерах риска, с использованием стохастического моделирования и модифицированного метода Хука–Дживса. Алгоритм позволяет оптимизировать инвестиционный портфель без привязки к конкретным теоретическим распределениям случайных величин, так как для оценки риска портфеля используется метод исторического моделирования.

3. Разработана система поддержки принятия решений «OptiRisk» при управлении портфелем ценных бумаг на основе предложенных мер риска и разработанного алгоритма формирования оптимального инвестиционного портфеля, которая реализована в среде Visual Basic 6.0. Предусмотрена информационная поддержка ЛПП:

- по оценке инвестиционного риска заданного портфеля для принятия решения о дальнейшей инвестиционной стратегии;
- по формированию оптимального инвестиционного портфеля;
- по подбору параметров формирования оптимального инвестиционного портфеля, обеспечивающих наибольшую эффективность.

4. Анализ результатов, полученных на основе статистических данных котировок наиболее ликвидных ценных бумаг российского и мирового фондового рынка, показал эффективность разработанной СППР, которая заключается:

- в потенциально большем размере инвестиционного дохода, полученного при управлении портфелями ценных бумаг российского (среднее увеличение 7,4%) и мирового (среднее увеличение 3,4%) фондового рынка.
- в повышении эффективности применяемых комплексных мер риска за счет подбора параметров.

## ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

### *В рецензируемых журналах из списка ВАК*

1. Сравнение оптимальных инвестиционных портфелей, минимизирующих различные меры риска / Е.М. Бронштейн, Ю.В. Куреленкова // Обозрение прикладной и промышленной математики. 2005. Т. 12, № 3. С. 705–706.
2. Оптимизация портфеля ценных бумаг на основе комплексных мер риска / Е.М. Бронштейн, Ю.В. Куреленкова // Управление риском. 2008. № 4. С. 14–22.

### *В других изданиях*

3. Мера риска Value-at-Risk / Ю.В. Лысенко (Куреленкова) // Интеллектуальные системы управления и обработки информации : матер. всерос. молодёжн. науч.-техн. конф. Уфа : УГАТУ. 2003. С. 142.
4. Сравнительный анализ оптимальных портфелей, составленных из ликвидных акций с использованием различных мер риска / Е.М. Бронштейн, Ю.В. Куреленкова / Компьютерные науки и информационные технологии (CSIT`2004) : VI междунар. конф. Будапешт, Венгрия, 2004. Т. 2. С. 253–255. (Статья на англ. яз.)
5. Сравнение оптимальных инвестиционных портфелей, составленных с использованием различных мер риска / Ю.В. Куреленкова // VI Всероссийская конференция молодых ученых по математическому моделированию и информационным технологиям (с участием иностранных ученых). Кемерово : ИВТ СО РАН, 2005. С. 40.
6. Как измерять риск / Е.М. Бронштейн, Ю.В. Куреленкова // Рынок ценных бумаг. 2006. № 12. С.69–72.
7. Сравнение оптимальных инвестиционных портфелей, минимизирующих различные меры риска / Е.М. Бронштейн, Ю.В. Куреленкова // Экономический анализ : теория и практика. 2006. № 3. С. 8–12.
8. Комплексные меры риска в задачах оптимизации портфелей / Е.М. Бронштейн, Ю.В. Куреленкова // Компьютерные науки и информационные технологии (CSIT`2008) : 10-я междунар. конф. Анталия, Турция, 2008. Т. 1. С. 206–208. (Статья на англ. яз.)
9. Свид. о гос. рег. программы для ЭВМ № 2008615666. Оптимизация портфеля ценных бумаг с использованием различных мер риска / Бронштейн Е.М., Куреленкова Ю.В. Роспатент, 2008.
10. Использование комплексных мер риска при оптимизации портфеля / Е.М. Бронштейн, Ю.В. Куреленкова // Тр. 5-й конф. по актуарным наукам и финансам. Самос, Греция, 2009. С. 77–82. (Статья на англ. яз.)
11. Управление портфелем ценных бумаг на основе комплексных мер риска / Ю.В. Куреленкова / Актуальные проблемы в науке и технике : сб. тр. 4-й всерос. зимн. шк.–сем. аспирантов и молодых ученых. Уфа : Изд-во «Диалог», 2009. Т. 1. С. 320–324.

КУРЕЛЕНКОВА Юлия Вениаминовна

СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ  
В ПРОЦЕССЕ УПРАВЛЕНИЯ ПОРТФЕЛЕМ ЦЕННЫХ БУМАГ  
НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСНЫХ МЕР РИСКА

Специальность 05.13.10 – Управление  
в социальных и экономических системах

АВТОРЕФЕРАТ  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Подписано к печати 15.05.2009. Формат 60x84 1/16.  
Бумага офсетная. Печать плоская. Гарнитура Таймс.  
Усл. печ. л. 1,0. Усл. кр.-отт. 1,0. Уч.-изд. л. 0,9.  
Тираж 100 экз. Заказ № 199.

ГОУ ВПО Уфимский государственный авиационный технический университет  
Центр оперативной полиграфии  
45000, Уфа-центр, ул. К.Маркса, 12