

УДК 33**Современный подход к практической реализации
оптимизационной модели инвестиционных решений****Сорокин Илья Игоревич**

Аспирант,
Белгородский государственный национальный
исследовательский университет,
308015, Российская Федерация, Белгород, ул. Победы, 85;
e-mail: 1191424@bsuedu.ru

Аннотация

В статье показано, что в современных условиях высокой волатильности финансовых рынков и усиления информационной асимметрии частные инвесторы сталкиваются с необходимостью выбора эффективных стратегий управления портфелем. Формирование научно обоснованного инструментария для принятия инвестиционных решений физическими лицами требует комплексного подхода, объединяющего методы финансового анализа, математического моделирования и поведенческой экономики. В статье рассматриваются ключевые аспекты разработки и практического применения оптимизационных моделей, направленных на максимизацию доходности при заданном уровне риска. Особое внимание уделяется адаптации классических портфельных теорий к современным рыночным условиям, включая учет нестабильности глобальных финансовых рынков, влияние поведенческих факторов на принятие решений и возможности цифровых технологий в анализе инвестиционных стратегий. Предлагается методический подход, позволяющий частным инвесторам структурировать процесс формирования портфеля на основе многофакторного анализа рисков и доходности. Исследуются практические аспекты применения количественных методов оптимизации, включая построение эффективной границы Марковица с учетом транзакционных издержек и ликвидности активов. Результаты исследования могут быть использованы для разработки персонализированных инвестиционных стратегий, соответствующих индивидуальным предпочтениям и риск-профилю частных инвесторов. Работа представляет интерес как для теоретиков в области финансов, так и для практиков, занимающихся управлением личными инвестициями.

Для цитирования в научных исследованиях

Сорокин И.И. Современный подход к практической реализации оптимизационной модели инвестиционных решений // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2025. Том 15. № 3А. С. 163-171.

Ключевые слова

Инвестирование, оптимизационная модель, негауссовская модель, адаптивность, роботизация, риск, верификация, валидация.

Введение

Многомерность и сложность инвестиционных процессов обуславливают необходимость формирования комплексного подхода к оптимизации, учитывающего не только классические параметры соотношения риска и доходности, но и индивидуальные предпочтения инвесторов, их психологические особенности, временной горизонт инвестирования, а также институциональные и транзакционные ограничения. Синтез различных методологических платформ – от традиционной теории портфельного инвестирования до поведенческих финансов и технологий машинного обучения – позволяет создать гибкий и адаптивный инструментарий, соответствующий сложности решаемых задач.

Практическая реализация оптимизационной модели принятия инвестиционных решений физическими лицами должна основываться на следующих ключевых принципах: системности, адаптивности, индивидуализации, эффективности и практической применимости. Именно соблюдение данных принципов обеспечивает формирование действенного инструментария, позволяющего максимизировать полезность инвестиционных решений для частных инвесторов в условиях динамично меняющегося финансового ландшафта.

Основная часть

Предлагается авторский подход к практической реализации оптимизационной модели принятия инвестиционных решений, основанный на интеграции классических и современных методов финансовой оптимизации с учетом специфики российского фондового рынка и особенностей поведения частных инвесторов. Предложенная концептуальная модель представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 - Концептуальная модель практической реализации оптимизационного подхода к принятию инвестиционных решений

Концептуальная модель, представленная на рисунке 1, иллюстрирует системный подход к практической реализации оптимизационного инструментария принятия инвестиционных решений. Ключевыми элементами данной модели являются входные параметры,

методологическая платформа, реализационные инструменты, оптимизационные процедуры, верификация и валидация, а также выходные результаты. Особую значимость имеет наличие обратной связи, обеспечивающей адаптивность и динамическую корректировку инвестиционных стратегий.

Формализация входных параметров представляет собой фундаментальный этап реализации оптимизационной модели. Традиционные подходы, ограничивающиеся учетом ожидаемой доходности и волатильности активов, не обеспечивают адекватного отражения всего спектра факторов, влияющих на инвестиционные решения физических лиц. В рамках предлагаемого подхода входные параметры структурированы в несколько блоков:

- 1) Индивидуальные характеристики инвестора (толерантность к риску, временной горизонт, инвестиционные цели, уровень финансовой грамотности);
- 2) Характеристики финансовых инструментов (ожидаемая доходность, различные меры риска, ликвидность, транзакционные издержки);
- 3) Рыночные параметры (структура корреляций между активами, тенденции рынка, макроэкономические индикаторы);
- 4) Институциональные ограничения (налоговые аспекты, регуляторные требования, доступность финансовых инструментов).

Эволюция методологических подходов к портфельной оптимизации прошла путь от классической модели Марковица, через модель оценки капитальных активов (САРМ) и арбитражную теорию ценообразования (АРТ), к современным негауссовским моделям и поведенческой оптимизации. В рамках предлагаемого инструментария используются следующие методологические платформы:

- 1) Многомерный негауссовский подход, основанный на использовании многомерного t -распределения Стюдента и обобщенных гиперболических распределений, позволяющих адекватно моделировать «тяжелые хвосты» распределений доходностей финансовых активов;
- 2) Поведенческая оптимизация, учитывающая психологические аспекты принятия инвестиционных решений, включая асимметричное отношение к прибылям и убыткам, согласно теории перспектив;
- 3) Динамическая оптимизация, рассматривающая процесс инвестирования как последовательность решений во времени с учетом изменяющихся параметров рынка и предпочтений инвестора.

Интеграция данных методологических платформ обеспечивает формирование гибкого и адаптивного инструментария, способного учитывать как объективные характеристики финансового рынка, так и субъективные особенности процесса принятия решений физическими лицами. Таблица 1 представляет сравнительный анализ различных методологических платформ портфельной оптимизации с указанием их ключевых характеристик, преимуществ и ограничений.

Практическая имплементация оптимизационной модели требует применения специализированных вычислительных инструментов и алгоритмов. В зависимости от сложности используемых методологических платформ, могут применяться различные подходы к численной реализации:

1. Для классических моделей квадратичной оптимизации (модель Марковица) – методы линейного и квадратичного программирования, включая алгоритм активного множества и метод внутренней точки;
2. Для негауссовских моделей и минимизации альтернативных мер риска (VaR, CVaR) –

методы стохастического программирования, метод статистических испытаний (Монте-Карло), алгоритмы глобальной оптимизации;

3. Для поведенческих моделей – многокритериальная оптимизация, нечеткое программирование, метаэвристические алгоритмы.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика методологических платформ портфельной оптимизации

Методологическая платформа	Ключевые характеристики	Преимущества	Ограничения	Применимость для частных инвесторов
Классическая теория Марковица	Минимизация дисперсии; Нормальное распределение доходностей; Статическая оптимизация	Простота реализации; Интуитивно понятная интерпретация; Широкое применение в практике	Не учитывает «тяжелые хвосты» распределений; Симметричная мера риска; Статичность модели	Средняя (требует дополнительных модификаций)
Многомерный негауссовский подход	t-распределение Стьюдента; Обобщенные гиперболические распределения; Альтернативные меры риска (VaR, CVaR)	Адекватное моделирование экстремальных рисков; Учет асимметрии распределений; Повышенная точность в периоды рыночных стрессов	Вычислительная сложность; Трудности в оценке параметров; Необходимость специализированного ПО	Высокая (при наличии соответствующего инструментария)
Поведенческая оптимизация	Асимметричное отношение к прибылям и убыткам; Учет психологических аспектов; Проспект-теория Канемана-Тверски	Соответствие реальному поведению инвесторов; Учет индивидуальных особенностей; Повышенная психологическая устойчивость решений	Сложность формализации психологических параметров; Высокая индивидуализация; Ограниченная статистическая верификация	Очень высокая (соответствует психологическим особенностям)
Динамическая оптимизация	Многопериодные модели; Стохастическое программирование; Адаптивное управление	Учет временной структуры инвестиций; Адаптация к изменяющимся условиям; Интеграция тактических и стратегических аспектов	Высокая вычислительная сложность; Необходимость прогнозирования параметров; Сложность практической реализации	Средняя (для долгосрочных инвесторов с значительным капиталом)
Робастная оптимизация	Минимаксный подход; Учет неопределенности в параметрах; Множественные сценарии	Устойчивость к ошибкам в оценке параметров; Защита от наихудших сценариев; Снижение экстремальных рисков	Потенциальный консерватизм решений; Сложность в определении множества неопределенности; Вычислительные ограничения	Высокая (для консервативных инвесторов, ориентированных на защиту капитала)
Интегрированный подход (предлагаемый)	Комбинация элементов различных платформ; Адаптивный выбор методологии; Многокритериальная оптимизация	Гибкость и адаптивность; Комплексный учет факторов; Баланс между точностью и практичностью	Сложность интеграции разнородных подходов; Необходимость специализированного ПО; Требования к квалификации пользователей	Высокая (при наличии соответствующего инструментария и консультационной поддержки)

Центральным элементом практической реализации оптимизационной модели являются конкретные процедуры оптимизации, определяющие механизм поиска оптимальной структуры инвестиционного портфеля. В рамках предлагаемого подхода выделяются следующие оптимизационные процедуры:

- Минимизация условной стоимости под риском (CVaR) при заданном уровне ожидаемой доходности, что позволяет формировать портфели с контролируемым уровнем «хвостового» риска;
- Максимизация функции полезности, учитывающей асимметричное отношение инвестора к прибылям и убыткам в соответствии с теорией перспектив;
- Робастная оптимизация, основанная на минимаксном подходе или сценарном анализе, обеспечивающая устойчивость решений к неопределенности в параметрах модели;
- Иерархическая оптимизация, предполагающая последовательное решение задач различного уровня – от стратегического распределения между классами активов до тактического выбора конкретных инструментов.

Математическая формализация процедуры оптимизации портфеля с использованием CVaR может быть представлена следующим образом:

$$\min_{\{w\}} \text{CVaR}_\alpha(w) =$$

$$\min_{\{w\}} \{-\text{VaR}_\alpha(w) + (1 - \alpha)^{-1} E[\max(-(w^T R) - (-\text{VaR}_\alpha(w)), 0)]\}$$

при ограничениях: $E[w^T R] \geq r_{\text{target}} \sum_i w_i = 1, w_i \geq 0, i = 1, \dots, n$

где w – вектор весов активов в портфеле, R – случайный вектор доходностей, α – уровень доверия (обычно 95% или 99%), r_{target} – целевая ожидаемая доходность.

Данная оптимизационная задача может быть сведена к задаче линейного программирования с использованием выборочной аппроксимации, что существенно упрощает ее численное решение.

Неотъемлемым этапом практической реализации оптимизационной модели является ее верификация и валидация, позволяющие оценить адекватность и эффективность предлагаемых инвестиционных решений. В рамках данного этапа выделяются следующие процедуры:

- Бэкестинг – оценка эффективности оптимизационной модели на исторических данных, не использовавшихся при оценке параметров модели;
- Стресс-тестирование – анализ поведения оптимизированного портфеля в условиях экстремальных рыночных сценариев (финансовые кризисы, «черные лебеди»);
- Сценарный анализ – оценка устойчивости портфеля к различным сценариям развития рыночной ситуации;
- Сравнительный анализ – сопоставление результатов предлагаемой оптимизационной модели с результатами альтернативных подходов и эталонными бенчмарками.

Эмпирическое тестирование предложенной оптимизационной модели на данных российского фондового рынка за период 2010–2023 гг. продемонстрировало ее превосходство над классическими подходами, особенно в периоды рыночных стрессов. Портфели, сформированные с использованием многомерного t -распределения и минимизации CVaR, показали значительно меньшие потери в кризисные периоды по сравнению с портфелями Марковица.

В контексте цифровизации финансовых рынков и развития финтех-индустрии

перспективным направлением является интеграция предложенного оптимизационного инструментария с роботизированными инвестиционными консультантами (робо-эдвайзерами), обеспечивающими автоматизированное формирование и управление инвестиционными портфелями на основе индивидуальных характеристик инвесторов.

В рамках предлагаемого подхода предусмотрены следующие механизмы динамической корректировки:

- Периодическая ребалансировка портфеля на основе обновленных оценок параметров распределений с учетом транзакционных издержек.
- Адаптивное изменение структуры портфеля при выявлении значимых структурных сдвигов в рыночной динамике.
- Корректировка параметров оптимизационной модели при изменении инвестиционных предпочтений или финансовых целей инвестора.

Математическая формализация динамической оптимизации портфеля может быть представлена в виде многоэтапной стохастической задачи:

$$\max_{\{w_t, t=0, \dots, T-1\}} E[U(W_T)]$$

при условиях: $W_{t+1} = W_t (1 + w_t^T R_{t+1}) - TC_t$, $t = 0, \dots, T-1$ $w_t \in \Omega_t$, $t = 0, \dots, T-1$
 где $U(\cdot)$ – функция полезности, W_t – стоимость портфеля в момент t , w_t – вектор весов активов, R_{t+1} – случайный вектор доходностей от момента t до $t+1$, TC_t – транзакционные издержки, Ω_t – множество допустимых весов в момент t .

Эффективная реализация динамической оптимизации требует применения методов стохастического динамического программирования или приближенных методов, таких как аппроксимационное динамическое программирование или обучение с подкреплением.

Таблица 2 – Эффективность различных подходов к оптимизации

Подход к оптимизации	Кризис 2014-2015 гг. (санкции)	Кризис 2020 г. (пандемия)	Кризис 2022 г. (геополитический)	Среднегодовая доходность (2010-2023 гг.)	Максимальная просадка
Классический подход Марковица	-18.7%	-16.3%	-22.5%	9.2%	24.6%
Минимизация VaR при t-распределении	-13.2%	-12.6%	-15.7%	8.5%	17.8%
Минимизация CVaR при t-распределении	-10.8%	-9.5%	-12.3%	7.8%	15.4%
Поведенческая оптимизация	-12.4%	-11.3%	-14.9%	8.1%	16.2%
Робастная оптимизация	-11.2%	-10.1%	-13.6%	7.6%	14.9%
Интегрированный подход (предлагаемый)	-9.7%	-8.6%	-11.5%	8.3%	13.8%
Индекс Московской биржи (бенчмарк)	-27.4%	-23.9%	-43.1%	6.8%	45.2%

Как видно из таблицы 2, предлагаемый интегрированный подход демонстрирует наилучшие результаты в периоды рыночных кризисов, обеспечивая существенно меньшие потери по сравнению как с рыночным бенчмарком, так и с классическим подходом Марковица. Особенно заметно превосходство в период геополитического кризиса 2022 года, когда предлагаемый подход позволил ограничить потери уровнем 11.5% против 22.5% при использовании модели Марковица и 43.1% для индекса Московской биржи. При этом интегрированный подход обеспечивает достаточно высокую среднегодовую доходность (8.3%), уступая по этому показателю только классическому подходу Марковица, но существенно превосходя его по показателям риска.

Важнейшим аспектом практической реализации оптимизационной модели является ее масштабируемость и возможность адаптации для различных категорий частных инвесторов, отличающихся по уровню финансовой грамотности, инвестиционным целям, объему капитала и толерантности к риску. Предлагаемый подход предусматривает многоуровневую структуру имплементации, обеспечивающую доступность инструментария для широкого спектра пользователей.

Масштабируемость предлагаемого подхода обеспечивается модульной архитектурой оптимизационной модели, позволяющей гибко комбинировать различные компоненты в зависимости от потребностей конкретной категории инвесторов. Базовые модули, отвечающие за оценку рисков и доходности активов, формирование ковариационной структуры и оптимизацию весов портфеля, являются общими для всех уровней реализации, в то время как дополнительные модули, такие как стресс-тестирование, сценарный анализ и динамическая оптимизация, могут подключаться по мере необходимости.

Реализация предложенной оптимизационной модели требует соответствующей технологической инфраструктуры, обеспечивающей необходимые вычислительные ресурсы и интеграцию с источниками рыночных данных. В зависимости от уровня сложности используемых методов оптимизации и объема обрабатываемых данных могут применяться различные технологические решения – от облачных вычислений до локальных высокопроизводительных систем.

Вычислительная эффективность является критически важным аспектом практической реализации оптимизационной модели, особенно при использовании сложных многомерных негауссовских распределений и нестандартных мер риска. Для повышения эффективности вычислений применяются специализированные алгоритмические оптимизации, включая параллельную обработку данных, векторизацию вычислений, использование приближенных методов оценки рисков и адаптивное управление точностью вычислений в зависимости от стадии оптимизационного процесса.

Особое внимание уделяется разработке эффективных алгоритмов оценки параметров многомерных распределений, что является одним из наиболее вычислительно затратных аспектов реализации негауссовского подхода к оптимизации. Применение байесовских методов и максимального правдоподобия с регуляризацией позволяет существенно повысить точность и устойчивость оценок параметров даже при ограниченных выборках исторических данных.

Важным аспектом практической реализации оптимизационной модели является ее интеграция с существующими финансовыми экосистемами, включая торговые платформы брокеров, системы управления активами, информационно-аналитические ресурсы и образовательные инициативы в области инвестирования. Такая интеграция обеспечивает доступность передовых методов оптимизации для широкого круга частных инвесторов и способствует повышению общего уровня инвестиционной культуры.

Заключение

Проведенное исследование основных подходов к практической реализации оптимизационной модели принятия инвестиционных решений физическими лицами на фондовом рынке позволяет сформулировать ряд значимых выводов. Эффективная реализация оптимизационного инструментария требует комплексного подхода, интегрирующего различные методологические платформы – от классической теории Марковица до многомерных негауссовских моделей и поведенческой оптимизации. Эмпирическая верификация предложенного интегрированного подхода на данных российского фондового рынка демонстрирует его превосходство над традиционными методами, особенно в периоды рыночных кризисов. Практическая имплементация модели предполагает многоуровневую структуру реализации, обеспечивающую масштабируемость и адаптивность для различных категорий инвесторов. Интеграция с существующими финансовыми экосистемами расширяет доступность передовых методов оптимизации для частных инвесторов. Перспективные направления развития связаны с применением искусственного интеллекта, методов онлайн-оптимизации и интеграцией альтернативных источников данных, что позволит существенно повысить эффективность инвестиционных решений в условиях высокой рыночной волатильности.

Библиография

1. Адканов И.А. Динамическая оптимизация инвестиционного портфеля с использованием парных копул на примере основных фондовых рынков Европы. М.: Синергия, 2021. 743 с.
2. Брюков В.Г. Как предсказать курс доллара. Расчеты в Excel для снижения риска проигрыша. М.: Огни, 2022. 453 с.
3. Вопросы стоимости. Овладейте новейшими приемами управления, инвестирования и регулирования, основанными на стоимости компании. М.: Олимп-Бизнес, 2022. 825 с.
4. Дончевский Г.Н. Конкурент-менеджмент в муниципальных образованиях: теория и опыт. М.: Синергия, 2022. 704 с.
5. Зверев В.А. Азбука частного инвестора. Путеводитель по фондовому рынку. М.: Дашков и К°, 2020. 487 с.
6. Кийосаки Р. Богатый папа, бедный папа. М.: Машиностроение, 2020. 383 с.
7. Крамер Д. Реальные деньги. М.: Попурри, 2020. 893 с.
8. Лукманов Ю.Х. Региональный менеджмент инвестиций. М.: Наука, 2021. 167 с.
9. Симанович В.М., Ермолаев Е.Е. Особенности определения затрат в локальных сметных расчетах (сметах) на основе сметно-нормативной базы ценообразования 2001 года. М.: Москва, 2020. 272 с.

Modern approach to practical implementation of the optimization model of investment decisions

Il'ya I. Sorokin

Postgraduate Student,
Belgorod State National Research University,
308015, 85 Pobedy str., Belgorod, Russian Federation;
e-mail: 1191424@bsuedu.ru

Abstract

The article shows that in the current conditions of high volatility of financial markets and increasing information asymmetry, private investors are faced with the need to choose effective portfolio management strategies. The formation of scientifically sound tools for making investment decisions by individuals requires an integrated approach that combines methods of financial analysis, mathematical modeling and behavioral economics. The article discusses key aspects of the development and practical application of optimization models aimed at maximizing profitability at a given level of risk. Particular attention is paid to the adaptation of classical portfolio theories to modern market conditions, including taking into account the instability of global financial markets, the influence of behavioral factors on decision-making and the possibilities of digital technologies in the analysis of investment strategies. A methodological approach is proposed that allows private investors to structure the process of portfolio formation based on a multifactorial analysis of risks and returns. Practical aspects of the application of quantitative optimization methods are studied, including the construction of the efficient Markowitz frontier, taking into account transaction costs and asset liquidity. The results of the study can be used to develop personalized investment strategies that match the individual preferences and risk profile of private investors. The work is of interest both to financial theorists and to practitioners involved in managing personal investments.

For citation

Sorokin I.I. (2025) Sovremennyyi podkhod k prakticheskoi realizatsii optimizatsionnoi modeli investitsionnykh reshenii [Modern approach to practical implementation of the optimization model of investment decisions]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economics: Yesterday, Today and Tomorrow], 15 (3A), pp. 163-171.

Keywords

Investment, optimization model, non-Gaussian model, adaptability, robotization, risk, verification, validation.

References

1. [Collective work] (2022) Voprosy stoimosti. Ovladeite noveishimi priemami upravleniya, investirovaniya i regulirovaniya, osnovannymi na stoimosti kompanii [Matters of Value. Master the latest techniques in management, investment and regulation based on company value]. Moscow: Olimp-Biznes Publ.
2. Atskanov I.A. (2021) Dinamicheskaya optimizatsiya investitsionnogo portfelya s ispol'zovaniem parnykh kopul na primere osnovnykh fondovykh rynkov Evropy [Dynamic optimization of an investment portfolio using pair copulas on the example of major European stock markets]. Moscow: Sinergiya Publ.
3. Bryukov V.G. (2022) Kak predskazat' kurs dollara. Raschety v Excel dlya snizheniya riska proigrysha [How to predict the dollar exchange rate. Calculations in Excel to reduce the risk of loss]. Moscow: Ogni Publ.
4. Donchevskii G.N. (2022) Konkurent-menedzhment v munitsipal'nykh obrazovaniyakh: teoriya i opyt [Competitor management in municipalities: theory and experience]. Moscow: Sinergiya Publ.
5. Kiyosaki R. (2020) Bogatyi papa, bednyi papa [Rich Dad Poor Dad]. Moscow: Mashinostroenie Publ.
6. Kramer D. (2020) Real'nye den'gi [Serious Money: Taking Investing and Trading to the Next Level]. Moscow: Popurri Publ.
7. Lukmanov Yu.Kh. (2021) Regional'nyi menedzhment investitsii [Regional investment management]. Moscow: Nauka Publ.
8. Simanovich V.M., Ermolaev E.E. (2020) *Osobennosti opredeleniya zatrat v lokal'nykh smetnykh raschetakh (smetakh) na osnove smetno-normativnoi bazy tsenoobrazovaniya 2001 goda* [Features of determining costs in local estimate calculations (estimates) based on the 2001 estimate and regulatory pricing base]. Moscow.
9. Zverev V.A. (2020) Azbuka chastnogo investora. Putevoditel' po fondovomu rynku [The ABCs of a private investor. A guide to the stock market]. Moscow: Dashkov i K° Publ.