

# СТРАТЕГИИ УПРАВЛЕНИЯ ИНВЕСТИЦИОННЫМ ПОРТФЕЛЕМ: РЫНОЧНО-НЕЙТРАЛЬНЫЙ СЛУЧАЙ

Османов Г.О.<sup>1</sup>

(ФГБУН Институт проблем управления  
им. В.А. Трапезникова РАН, Москва)

*В статье рассматривается задача формирования инвестиционного портфеля организации и управления им. Современная портфельная теория предлагает методы оптимизации структуры портфеля на основе оценок ожидаемой доходности и риска финансового инструмента, однако, отсутствуют гарантированные способы их получения. Альтернативой такому подходу является стратегия статистического арбитража, методы которой основаны не на абсолютных оценках, а на поиске статистических соотношений между поведением цен финансовых инструментов. На ее основе предложена стратегия формирования рыночно-нейтрального портфеля, которая позволяет получать доход независимо от направления движения рынка. Разработан алгоритм, который включает в себя отбор пар акций, имеющих схожую ценовую динамику, и формирование торговых сигналов на основе их коинтеграции с использованием скользящего окна в условиях присутствия на рынке структурных сдвигов. Предложен способ выбора оптимальных параметров работы алгоритма. На примере четырех финансовых инструментов проведен вычислительный эксперимент, демонстрирующий теоретическую доходность для пар акций компаний, работающих в одной отрасли, с использованием различных длин скользящего окна. Основным результатом данной работы является алгоритм управления инвестиционным портфелем, работающий с акциями, торгуемыми на Московской бирже.*

Ключевые слова: инвестиции, рыночно-нейтральный портфель, коинтеграция.

## 1. Введение

Финансовый рынок является ключевым звеном современной финансовой системы. Он объединяет эмитентов ценных бумаг, имеющих потребность в финансовых ресурсах, с инвесторами, желающими вложить имеющиеся капиталы с целью получения прибыли. Его развитие является официальной целью Банка России [5].

---

<sup>1</sup> Османов Гамид Османович, аспирант (gamid.osmanov@mail.ru).

Проведение операций на финансовом рынке позволяет размещать свободные финансовые ресурсы, перераспределять доходы во времени и управлять рисками [3]. Ввиду повышенной экономической активности последних лет наблюдается рост числа инвесторов, работающих на Московской бирже, а ее доходы от предоставляемых услуг растут [1]. В то же время, введение европейских санкций против Национального расчетного депозитария [9] затруднило российским инвесторам доступ на международные рынки. Эти факторы обуславливают необходимость развития стратегий инвестирования в акции российских компаний и актуальность данной темы для организаций, размещающих свободные средства в финансовые активы.

Целью данной работы является выбор стратегии инвестирования. В рамках выбранной цели были поставлены следующие задачи:

1. Выбор способа формирования инвестиционного портфеля из акций, обращающихся на Московской бирже;
2. Разработка критериев выбора акций для включения в портфель;
3. Разработка алгоритма совершения сделок;
4. Выбор параметров работы алгоритма.

Для решения поставленных задач был предложен подход на основе рыночно-нейтральных портфелей, разработан алгоритм генерации торговых сигналов и выбора параметров сделок, проведен вычислительный эксперимент для демонстрации его работы.

В процессе выбора стратегии были исследованы подходы к портфельному инвестированию. Фундаментом портфельной теории является средне-дисперсионный анализ, предложенный Марковицем. Процесс представлен двумя этапами: сначала инвестор формирует ожидаемые уровни доходности и риска, затем выбирает структуру портфеля. В основополагающей работе [10] рассматривался только этап выбора структуры портфеля. Ожидаемая доходность в такой модели считается известной, а способы ее формирования не рассматриваются, что ограничивает практическую применимость такого анализа.

Уильям Шарп в его модели ценообразования капитальных активов (САРМ) [13] предложил разложить риск на системати-

ческий – присущий рынку в целом, и несистематический – присущий отдельным активам. Для измерения систематического риска можно провести регрессию доходностей отдельного актива на доходности «рыночного портфеля»:

$$(1) \quad E(R_i) - R_f = \beta_i(E(R_m) - R_f)$$

где  $E(R_i)$  – ожидаемая доходность  $i$ -й акции,  $E(R_m)$  – ожидаемая доходность «рыночного портфеля»<sup>1</sup>,  $R_f$  – безрисковая доходность (например, от вложения в государственные облигации). Полученный коэффициент  $\beta_i$  отражает чувствительность ожидаемой доходности  $i$ -го актива к ожидаемой доходности рынка в целом. Стивен Росс разработал теорию арбитражного ценообразования (АРТ) [12], в которой было предложено использовать факторные модели доходностей активов. Ее нередко воспринимают как обобщение модели САРМ, так как в ней моделируется чувствительность актива к различным факторам, а не только к рынку:

$$(2) \quad E(R_i) = \beta_{i0} + \sum_{j=1}^n \beta_{ij} f_j$$

где  $f_j$  – систематический фактор, оказывающий влияние на рынок акций. Понятие арбитража<sup>2</sup> в названии модели не случайно – теоретически, участники рынка могут эксплуатировать отклонения актива от модели, что позволяет им получать безрисковую доходность. Этот механизм приводит цены к равновесию, исключая дальнейшие возможности для арбитража.

Следствием приведенных моделей является понятие рыночно-нейтрального портфеля: путем комбинации длинных и коротких позиций<sup>3</sup> может быть получен портфель, имеющий  $\beta = 0$ , то есть, не чувствительный к изменениям рынка или систематических факторов. Такие портфели открывают путь к страте-

---

<sup>1</sup> В практике за рыночный портфель обычно принимается биржевой индекс.

<sup>2</sup> Арбитраж – практика получения безрисковой прибыли из неэффективности ценообразования на рынках.

<sup>3</sup> Здесь и далее под длинной позицией понимается сделка по покупке акции на собственные средства инвестора, под короткой позицией – продажа приобретенной в долг акции с целью купить ее через некоторое время по более низкой цене.

гиям статистического арбитража – рыночно-нейтральной стратегии, основанной на идее отклонений цен групп активов со схожими чувствительностями к внешним факторам от их долгосрочного равновесия.

Для решения поставленной задачи была выбрана стратегия статистического арбитража. Ее частным случаем является стратегия парного трейдинга. Главным плюсом такой стратегии является отсутствие необходимости прогнозировать ожидаемую доходность рынка или отдельных активов, а основой для получения дохода является наличие долгосрочного равновесия.

## **2. Выбор акций в рамках стратегии парного трейдинга**

Современные стратегии парного трейдинга базируются не на моделировании факторов ценообразования акций, а на изучении их коинтеграций [7], что позволяет находить пары, связанные долгосрочным соотношением. Эти модели успешно применяются Банком России для моделирования движения процентных ставок [2], наличие долгосрочных соотношений в которых наблюдаемо. В случае акций это соотношение может интерпретироваться как тесная взаимосвязь между ненаблюдаемыми факторами, влияющими на динамику их цен.

Применение коинтеграционного анализа для работы с биржевыми временными рядами осложнено их зашумленностью и наличием структурных сдвигов [4]. Для преодоления этих ограничений, поиск пар акций, связанных долгосрочным равновесием, может проводиться эмпирическим путем [8]. Для решения задачи выбора акций в портфель была использована метрика на основе Евклидова расстояния между нормализованными временными рядами:

$$(3) \quad d(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \sum_{t=1}^T \left( \frac{\ln x_t}{\ln x_1} - \frac{\ln y_t}{\ln y_1} \right)^2$$

где  $\mathbf{x}, \mathbf{y} \in \mathbb{R}^T$ ,  $x_t, y_t$  – цена акции в период  $t$ ,  $T$  – число периодов. В результате вычисления данной метрики для всех возмож-

ных пар акций они могут быть ранжированы, для дальнейшего анализа отбираются пары с минимальным значением.

### 3. Формирование сигналов для заключения сделок

После выбора пар акций необходимо исследовать их на наличие долгосрочного равновесия. В рамках подхода Энгла и Грейнджера [7], этот факт означает наличие коинтеграции. Если построить линейную регрессию между логарифмами цен двух таких акций, то ее остаток будет стационарным, что и означает возможность заключения арбитражных сделок.

Степень связи может эволюционировать во времени, что не учитывается в классических процедурах [8]. На практике это явление рассматривалось авторами работы [11] при анализе сближения динамики европейских фондовых рынков в процессе евроинтеграции. Для оценки динамических характеристик коинтеграционной связи ими было предложено использовать метод скользящего окна. С учетом наличия структурных сдвигов и нестабильного коинтеграционного соотношения, [6] сделаем допущение о том, что равновесие между логарифмами цен двух акций варьируется во времени:

$$(4) \quad \ln y_t = \mu_t + \gamma_t \ln x_t + \varepsilon_t$$

Если остаток  $\varepsilon_t$  стационарен, то сигналом для заключения сделок могут служить его отклонения от  $E(\varepsilon_t) = 0$  на определенную величину. Коэффициент  $\gamma_t$  трактуется как количество акций  $x$ , включаемых в портфель на одну акцию  $y$ , коэффициент  $\mu_t$  – долгосрочное соотношение между акциями, а  $\varepsilon_t$  – отклонение наблюдаемого соотношения от модельного [14].

### 4. Выбор параметров сделок

Разные пары акций могут иметь разный масштаб цен, что приводит к необходимости универсального способа входа в сделки. Генерация сигналов может осуществляться при отклонении остатка коинтегрирующего соотношения от равновесия в стандартных отклонениях [8], что делает алгоритм универсальным. Введем стандартизированное отклонение  $z_t$ :

$$(5) \quad z_t = \frac{\varepsilon_t}{sd(\varepsilon_t)}$$

При пересечении стандартизированным отклонением заранее выбранных порогов  $\{q_{buy}, q_{sell}\}$  генерируется сигнал  $s_t$  к совершению сделки:

$$(6) \quad s_t = \begin{cases} 1, & z_t < q_{buy} \\ 0, & z_t > q_{sell} \end{cases}$$

Если  $z_t$  опускается ниже порога  $q_{buy}$ , это трактуется как сигнал к покупке 1 акции  $y$  и продаже  $\gamma_t$  акций  $x$ . Поэтому, структуре портфеля  $V_t$  в момент времени  $t$  можно записать следующим образом:

$$(7) \quad V_t = s_t \begin{bmatrix} 1 \\ -\gamma_t \end{bmatrix}$$

Доходность в процентах от совершения сделки может быть посчитана следующим образом [14]:

$$(8) \quad (\ln y_{t+i} - \ln y_t) - \gamma_t (\ln x_{t+i} - \ln x_t)$$

где  $y_{t+i}$ ,  $x_{t+i}$  – цены акций в момент выхода из сделки,  $y_t$ ,  $x_t$  – цены акций в момент входа в сделку,  $\gamma_t$  – оценка коэффициента коинтегрирующего соотношения на момент входа в сделку.

В рамках эксперимента  $\{q_{buy}, q_{sell}\}$  были определены путем деления выборки на обучающую и тестовую. В качестве оптимальных параметров использованы комбинации, максимизирующие доходность на тестовом отрезке. В случае наличия нескольких комбинаций, дающих одинаковую доходность, за оптимальные брались  $\{max(q_{buy}), min(q_{sell})\}$ .

## **5. Эксперимент по реализации рыночно-нейтрального портфеля на Московской бирже**

Для анализа использованы данные с Информационно-статистического сервера Московской биржи. Проанализированы цены 89 акций за 2481 день, с 09.06.2014 по 30.04.2024. Для всех акций попарно была посчитана метрика (3). После ранжирования всех пар акций по возрастанию величины  $d(x, y)$  были выбраны 4 комбинации с наименьшим значением:

1. Башнефть – Башнефть привилегированные акции (нефть)
2. Лукойл – Роснефть (нефть)
3. МТС – Ростелеком (телеком)
4. Сбербанк – Сбербанк привилегированные (банки)

Для проведения эксперимента были отобраны пары 2 и 3, так как эти компании работают в одном секторе экономики и имеют наиболее полную историю торгов. Ниже представлен пример расчетов для пары Лукойл – Роснефть.

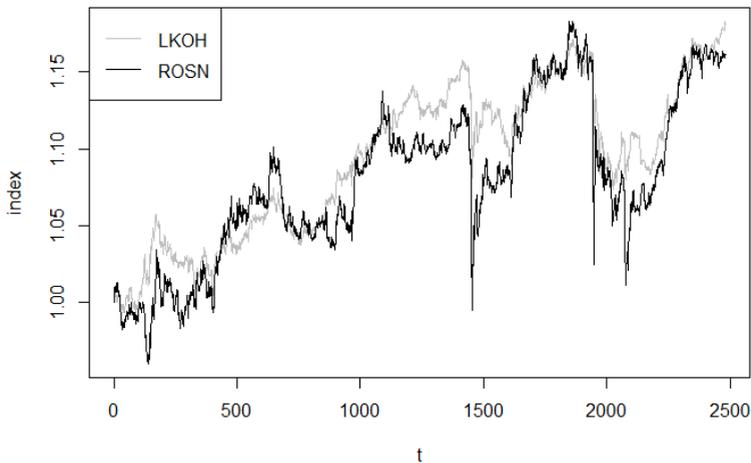


Рис. 1. Нормализованные логарифмы цен акций Лукойл (LKOH) и Роснефть (ROSN)

Для проверки порядка интегрированности рядов был проведен расширенный тест Дики-Фуллера. Результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты тестирования входных данных на единичный корень.

Ряд	ADF	p-значение
$\ln(\text{LKOH})$	-2.48	0.372
$\ln(\text{ROSN})$	-3.3	0.07
$\Delta \ln(\text{LKOH})$	-19.3	0.01

$\Delta \ln(\text{ROSN})$	-19.4	0.01
---------------------------	-------	------

При проверке на единичный корень сделан вывод о порядке интегрированности логарифмов цен акций  $I(1)$ . Для целей расчетов было сделано допущение о том, что календарный месяц содержит 21 рабочий день, календарный год – 252 рабочих дня. Далее будет представлен пример работы алгоритма для скользящего окна в 42 дня.

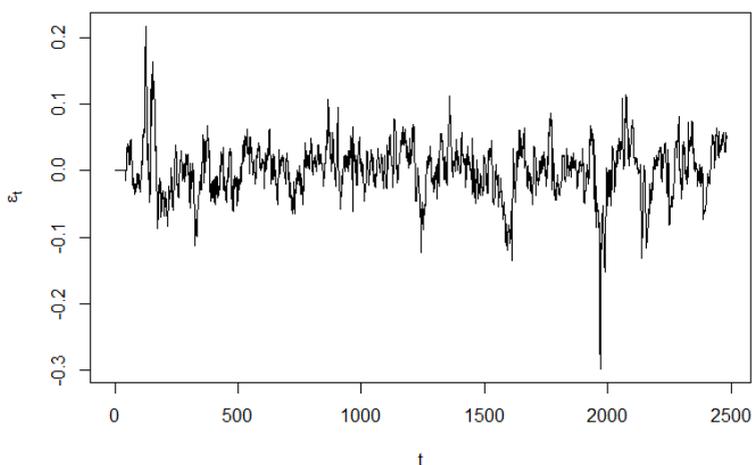


Рис. 2: Остаток скользящей регрессии для окна 42 дня в случае пары LKOH-ROSN

На рис. 2 представлен ряд остатков коинтегрирующего соотношения, посчитанного с использованием скользящего окна:  $\varepsilon_t = lkoh_t - \gamma \cdot rosn_t - \mu_t$ , где  $lkoh$ ,  $rosn$  – цены акций ПАО Лукойл и ПАО Роснефть. Для них был проведен тест Дики-Фуллера. Результаты представлены в таблице 2. Ряд стационарен с нулевым средним.

Таблица 2. Результаты тестирования остатков LKOH-ROSN на единичный корень

Ряд	Размер окна	ADF	p-значение
-----	-------------	-----	------------

$\varepsilon_t$	42	-8.75	<0.01
-----------------	----	-------	-------

Отсутствие единичного корня в остатках коинтегрирующего соотношения свидетельствует об устойчивом возврате к 0, что и является ключевым элементом стратегии управления.

Была сформирована обучающая выборка из первых 1000 наблюдений, на основе которой были вычислены доходности алгоритма для различных комбинаций  $q_{buy} \in [-4, -2.5]$  и  $q_{sell} \in [-2.5, 4]$  с шагом 0.1. В качестве оптимальных были получены значения  $\{q_{buy} = -3.2, q_{sell} = 3.5\}$

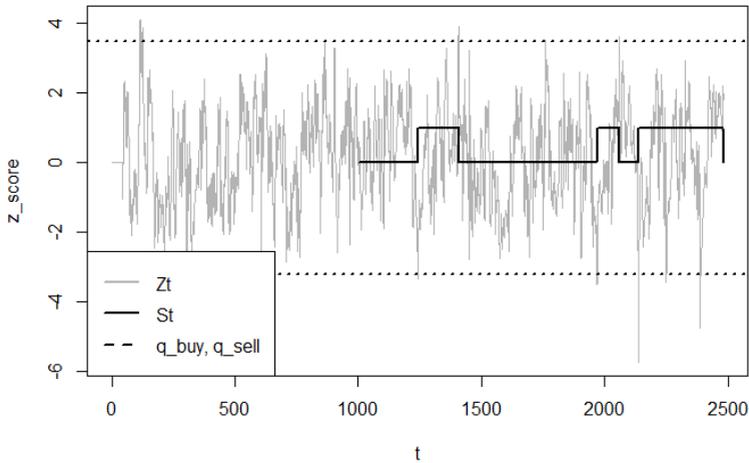


Рис. 3: Торговые сигналы LKOH-ROSN для окна 42 дня,  $q_{buy} = -3.2, q_{sell} = 3.5$

На рис. 3 продемонстрирована работа алгоритма генерации сигналов. При пересечении стандартизованным  $z_t$  соответствующих линий генерируется сигнал о заключении или завершении сделки. В процессе удержания акций в портфеле в рамках одной сделки их соотношение  $y$  не изменяется. Если к концу тестового периода сделка остается открытой, то она автоматически закрывается.

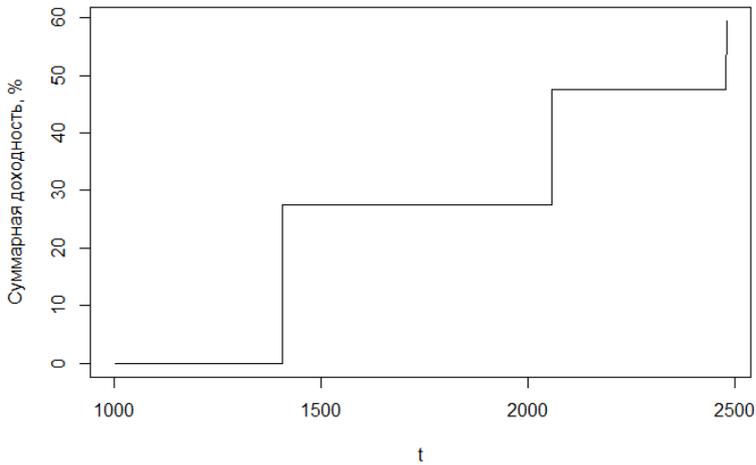


Рис. 4: Кумулятивная доходность от совершения сделок LKOH-ROSN для окна 42 дня,  $q_{buy} = -3.2$ ,  $q_{sell} = 3.5$

Для дальнейшего изучения работы алгоритма, был проведен вычислительный эксперимент по сравнению результатов применения различных параметров для различных инструментов. Доходность была посчитана на основании формулы (8).

Таблица 3. Результаты работы алгоритма с разными параметрами

Акция $y$	Акция $x$	Размер окна	$q_{buy}$	$q_{sell}$	Доходность
Лукойл	Роснефть	15	-2.9	2.5	53.40%
Лукойл	Роснефть	21	-2.9	2.9	142.1%
Лукойл	Роснефть	42	-3.2	3.5	59.43%
МТС	Ростелеком	15	-2.7	2.9	33.08%
МТС	Ростелеком	21	-2.5	3.1	61.20%
МТС	Ростелеком	42	-2.5	3.8	46.97%

## **6. Выводы**

Проведенный вычислительный эксперимент показал теоретическую возможность построения рыночно-нейтрального портфеля из акций, торгующихся на Московской бирже. Такие портфели не требуют прогнозирования будущих цен, а опираются на оценку долгосрочных соотношений сходных по характеристикам активов. На основании простой эмпирической метрики из общего массива были отобраны пары акций, на примере разных комбинаций параметров продемонстрирован результат.

Преимуществом представленного алгоритма является отсутствие чувствительности к направлению движения рынка – вместо попытки предсказать завтрашние цены имеется теоретически обоснованная возможность обнаружения коинтегрированных пар акций для включения в рыночно-нейтральный портфель. Прямое сравнение рентабельности таких стратегий с традиционными подходами вроде средне-дисперсионной оптимизации портфеля или наивной стратегии «купи и держи» может давать противоположные результаты в зависимости от принятых допущений:

1) При рассмотрении рынков без транзакционных издержек (комиссии, тарифы за короткие позиции) рыночно-нейтральные стратегии имеют превосходство в силу минимального требуемого капитала для совершения сделок, что приводит к большей рентабельности;

2) На рынках с транзакционными издержками рыночно-нейтральные стратегии могут быть убыточными ввиду затрат на комиссии и проценты по займам для занятия коротких позиций, которые различаются у разных инвесторов.

Часть транзакционных издержек может быть снижена путем замены позиций в акциях на их комбинации с производными финансовыми инструментами. Проведение вычислительных экспериментов на данных другой периодичности, развитие методов оптимизации параметров алгоритма и сравнение его рентабельности с альтернативными стратегиями инвестирования представляют интерес для дальнейших исследований.

## Литература

1. *Годовой отчет 2023* // Московская Биржа. – 2023. – С. 5.
2. МОГИЛАТ А., СЕЛЕЗНЕВ С., ЖАБИНА С. *О подготовке сценарного макроэкономического прогноза и модельном аппарате Банка России* // Банк России. – 2021. – Март. – С. 4–5.
3. *Основные направления развития финансового рынка Российской Федерации на 2024 год и период 2025 и 2026 годов* // Банк России. – 2023.
4. СКРОБОТОВ А. А. *Структурные сдвиги в моделях коинтеграции* // Прикладная эконометрика. – 2021. – №3. – С. 117–141.
5. *Федеральный закон от 10.07.2002 №86-ФЗ (ред. от 23.04.2024) «О Центральном банке Российской Федерации (Банке России)».*
6. DAVIS R.A., LEE T.C.M., RODRIGUEZ-YAM G. A. *Structural break estimation for nonstationary time series models* // Journal of the American Statistical Association. – 2006. – Т. 101. – №. 473. – С. 223–239.
7. ENGLE R., GRANGER C.W.J. *Co-integration and error correction: representation, estimation and testing* // Econometrica. – Vol. 55. – No. 2 (March, 1987). – С. 251–276
8. GATEV E., GOETZMANN W., ROUWENHORST G. *Pairs trading: Performance of a relative-value arbitrage rule* // Review of Financial Studies. – Volume 19. – Issue 3. – Fall 2006. – С. 797–827.
9. [http://data.europa.eu/eli/reg\\_impl/2022/878/oj](http://data.europa.eu/eli/reg_impl/2022/878/oj) (дата обращения 26.06.2024).
10. MARKOWITZ H.M. *Portfolio Selection.* // The Journal of Finance. – 1959. – №7 (1). – С. 427–465.
11. MYLONIDIS N., KOLLIAS C. *Dynamic European stock market convergence: evidence from rolling cointegration analysis in the first euro-decade* // Journal of Banking and Finance. – 32 (2010). – С. 2045–2064.
12. ROSS S. *The arbitrage theory of capital asset pricing* // Journal of economic theory. – 13. – 1976. – Pages 341–360.

13. SHARPE W. *Capital asset prices: a theory of market equilibrium under conditions of risk* // The Journal of Finance. – 1964. – №3. – Pages 425–442.
14. VIDYAMURTHY G. *Pairs Trading. Quantitative Methods and Analysis*. // John Wiley & Sons, Inc. – 2006.

## INVESTMENT PORTFOLIO MANAGEMENT STRATEGIES: MARKET-NEUTRAL CASE

**Gamid Osmanov**, Institute of Control Sciences of RAS, Moscow, graduate student (gamid.osmanov@mail.ru).

*Abstract: This paper considers the problem of investment portfolio selection and management. Modern portfolio theory offers portfolio optimization methods based on estimation of expected return and risk of financial instrument, while there are no guaranteed ways to obtain these estimations. Alternative is strategy of statistical arbitrage, which has methods founded not on absolute estimations, but on statistical relationships between prices of financial instruments. Market-neutral strategy which is not sensitive to direction of market prices is proposed. Developed algorithm includes selection of pairs with similar price dynamics and generation of trading signals based on cointegration analysis. Rolling window is used for estimation of cointegrating relationship in the presence of structural breaks. Optimal algorithm parameters selection method is described. Computational experiment showed theoretical profitability on four financial instruments, pairs of company's stocks within same industry were selected and analyzed with rolling window. The main result of this paper is algorithm of investment portfolio management based on stocks traded on Moscow exchange.*

Keywords: investments, market-neutral portfolio, cointegration.

УДК 336.76 + 519.246.8

ББК 65.05

Статья представлена к публикации  
членом редакционной коллегии ...заполняется редактором...

Поступила в редакцию ...заполняется редактором...  
Опубликована ...заполняется редактором...