

С.В. Букунов, М.В. Блинова

## СИСТЕМА ПРИНЯТИЯ ИНВЕСТИЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ РАБОТЫ НА ФИНАНСОВЫХ РЫНКАХ

**Аннотация.** Представлена алгоритмическая торговая система, основанная на произвольном количестве экспоненциальных скользящих средних и использующая гибкую систему управления капиталом. Проведено тестирование торговой системы на исторических данных. Результаты проведенного компьютерного моделирования позволяют сделать вывод о возможности использования торговой системы для проведения торговых операций на современных финансовых рынках в автоматическом режиме, то есть без участия человека. Система реализована в виде desktop-приложения на языке Python.

**Ключевые слова:** финансовые рынки, автоматизация, программирование, технический анализ, алгоритмическая торговля.

S.V. Bukunov, M.V. Blinova

## INVESTMENT DECISION MAKING SYSTEM FOR FINANCIAL MARKETS

**Abstract.** The article presents an algorithmic trading system based on an arbitrary number of exponentially moving averages and using a flexible money management system. The trading system was tested on historical data. The results of computer simulations allow us to conclude that it is possible to use a trading system to carry out transactions in modern financial markets automatically, i. e. without human participation. The system has been implemented as a desktop application using Python programming language.

**Keywords:** financial markets, automation, programming, technical analysis, algorithmic trading.

### *Введение*

В настоящее время тема инвестиций довольно популярна. Большинство людей заинтересованы в сохранении покупательской способности своих материальных средств. Многие из них рассматривают сферу инвестиций в качестве источника получения дополнительного дохода. С развитием информационных и компьютерных технологий основная часть операций инвесторов стала осуществляться на биржевых площадках. Так, согласно данным издания «БКС Экспресс», количество частных инвесторов на Московской бирже в марте 2023 года достигло 24 млн человек<sup>1</sup>.

Сфера инвестиций традиционно относится к наиболее сложным видам человеческой деятельности [1], поэтому в последнее время для совершения сделок на бирже всё чаще используются компьютерные программы, называемые торговыми роботами [2; 3]. По разным оценкам, доля торговых роботов в общем объеме биржевых сделок составляет 50...70 %<sup>2</sup>. Торговый робот представляет собой компьютерную программу, работающую по определенному алгоритму, реализующему ту или иную математическую модель

<sup>1</sup> Количество частных инвесторов на Московской бирже достигло 24 млн. человек // БКС Экспресс. 2023. 03 марта. URL: <https://bcs-express.ru/novosti-i-analitika/kolichestvo-chastnykh-investorov-na-moskovskoi-birzhe-dostiglo-24-mln-chelovek> (дата обращения 01.07.2024).

<sup>2</sup> Лыкова Л. Роботы помогли Мосбирже поставить рекорд в марте // Прайм. 2020. 14 апреля. URL: <https://1prime.ru/20200417/831279655.html> (дата обращения 20.06.2024).

**Букунов Сергей Витальевич**

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры информационных систем и технологий, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Санкт-Петербург. Сфера научных интересов: информационные технологии, программирование, базы данных, обработка больших данных, управление инвестициями, управление рисками, разработка прикладного программного обеспечения для финансового анализа и финансовых рынков. Автор более 30 опубликованных научных работ. AuthorID: 57222736854, SPIN-код: 1808-3707, ORCID: 0000-0002-5983-0637.

Электронный адрес: sergeybukunov@yandex.ru

**Блинова Мария Владиславовна**

бакалавр кафедры информационных систем и технологий, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Санкт-Петербург. Сфера научных интересов: информационные технологии, программирование, математическое моделирование.

Электронный адрес: mura\_blinova@mail.ru

или торговую стратегию. Разнообразие подходов, применяемых при создании подобных программ, могут позавидовать многие сферы деятельности<sup>3</sup> [4-6].

В настоящее время на рынке инвестиционных услуг предлагается достаточно большое количество торговых роботов. Однако приобретение такого робота сродни приобретению «черного ящика» с соответствующей невозможностью корректировки параметров математической или иной модели, заложенной в данного робота. Необходимость же перенастройки параметров робота в условиях современных постоянно изменяющихся рынков чрезвычайно высока. Именно сильная изменчивость (волатильность) финансовых рынков приводит к тому, что очень многие приобретенные торговые роботы достаточно быстро начинают приносить убытки своим владельцам<sup>4</sup>.

В связи с этим большинство инвесторов, знакомых с основами математического и имитационного моделирования, технического анализа и программирования, как правило, разрабатывают собственных торговых роботов. Этому способствует также тот факт, что наиболее популярные современные торговые платформы предоставляют все необходимые инструменты для создания как собственных рыночных индикаторов для анализа рынка, так и собственных торговых роботов.

К наиболее популярным платформам можно отнести следующие:

- MetaTrader – продукт компании Meta Quotes Software Corp<sup>5</sup>;
- Quik – продукт компании ARQA Technologies<sup>6</sup>;

<sup>3</sup> Пестерева Л. Что такое биржевой робот: принцип работы, виды, плюсы и минусы, топ 5 лучших. URL: <https://greedisgood.one/robot-dlya-torgovli-na-birzhe> (дата обращения: 01.07.2024).

<sup>4</sup> Калинин И. Вся правда о форекс роботах, которая многим не понравится // Дзен. 2019. 1 октября. URL: <https://dzen.ru/a/XZNPgJlZVACuX-m5> (дата обращения 03.07.2020).

<sup>5</sup> Торговая платформа Metatrader 5. URL: <https://metatrader5.com/ru/trading-platform> (дата обращения: 28.06.2024).

<sup>6</sup> Программный комплекс QUIK // ARQA Technologies. URL: <https://arqatech.com/ru/products/quik> (дата обращения: 29.06.2024).

- Transaq – продукт компании «Скрин маркет системз»<sup>7</sup>;
- TradingView – продукт компании TradingView<sup>8</sup>.

Для контроля рисков при торговле акциями обычно применяется диверсификация, под которой понимается распределение инвестиций по нескольким активам. В этом случае создается так называемый инвестиционный портфель. Для учета взаимного влияния цен на различные активы при управлении таким портфелем, как правило, используются методы корреляционного анализа и различные визуализации корреляционных зависимостей [7]. В общем случае диверсификация снижает общую прибыльность торговой системы, взамен предлагая более стабильную кривую доходности.

По аналогии с инвестиционным портфелем в случае автоматизированной торговли можно создать портфель роботов, включающий несколько торговых роботов, основанных на принципиально разных стратегиях. Такой подход позволяет распределить средства более разумно с точки зрения контроля рисков.

**Цель** данной статьи – разработка системы принятия инвестиционных решений, которая может быть реализована в виде компьютерной программы и использована в автоматизированных торговых системах для алгоритмической биржевой торговли.

#### *Компьютерное моделирование финансовых рынков*

Компьютерное моделирование финансовых рынков состоит из нескольких этапов. *На первом этапе* производится математическое моделирование, выполняемое на компьютере, которое предназначено для описания поведения финансового актива. Для этих целей, как правило, используются различные математические модели, использующие статистический анализ и машинное обучение [8; 9], технический анализ [10], интеллектуальный анализ текста [11] и др.

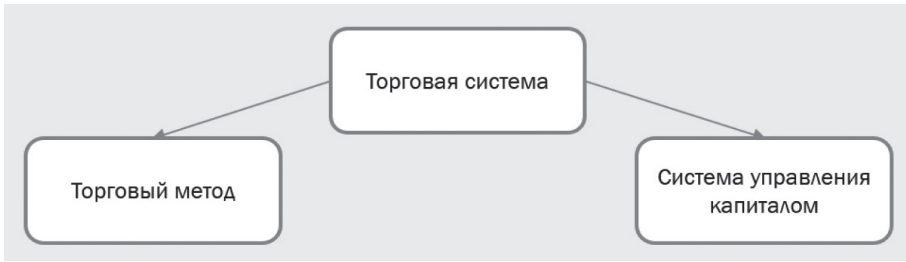
*Второй этап* заключается в создании правил (торгового метода, системы принятия решений), по которым будут совершаться сделки купли-продажи финансовых активов, с последующей автоматизацией разработанного алгоритма [12].

И, наконец, *на третьем этапе* проводится тестирование разработанного алгоритма на исторических данных по котировкам выбранных финансовых активов с целью верификации как используемой модели, так и разработанного торгового метода. При получении неудовлетворительных результатов тестирования производится корректировка параметров модели и/или редактирование (или замена) торгового метода. Основными критериями для оценки адекватности торговой системы служат получаемая доходность и максимальная величина просадки инвестиционного счета (уменьшение размера счета относительно его первоначального значения).

**Торговый робот** представляет собой компьютерную программу, реализующую некоторую торговую систему. В свою очередь, **торговая система** – это формализованный набор правил открытия и закрытия торговых позиций. В общем случае такая система должна представлять собой комбинацию торгового метода и системы управления капиталом (Рисунок 1).

<sup>7</sup> Система брокерского обслуживания Transaq. URL: <https://transaq.ru> (дата обращения: 30.06.2024).

<sup>8</sup> TradingView. About. URL: <https://www.tradingview.com> (дата обращения 30.06.2024).



**Рисунок 1.** Торговая система

*Источник:* здесь и далее рисунки выполнены авторами.

Торговый метод генерирует сигналы на покупку/продажу финансового актива. Система управления капиталом определяет объем средств, которые необходимо задействовать в каждой сделке.

В реальной алгоритмической торговле используются различные торговые системы. Однако большинство таких систем основаны на техническом и/или компьютерном анализе.

Разработка торговой системы – это сложный процесс, состоящий из нескольких взаимосвязанных этапов. В общем случае процесс создания любой торговой системы можно представить в виде схемы, изображенной на Рисунке 2.



**Рисунок 2.** Основные этапы создания торговой системы

Практически каждая торговая система, работающая на основе индикаторов технического или компьютерного анализа, сталкивается с общей проблемой – проблемой ста-

бильности, или робастности. Под робастностью понимается способность алгоритма сохранять прибыльность в течение длительного периода времени независимо от изменений рыночных цен. Динамичная природа современных финансовых рынков требует постоянной корректировки или оптимизации параметров алгоритмов, лежащих в основе торговых систем. Кроме того, торговые методы с большим количеством параметров требуют более частой оптимизации.

Существует заблуждение, что эффективная торговая система должна быть сложной. На практике многие прибыльные торговые системы просты и не требуют больших затрат. Простые торговые системы, как правило, легче понять, внедрить и поддерживать. Они учитывают только ключевые принципы и факторы, определяющие движение рынка, что позволяет принимать обоснованные решения, не перегружаясь излишней сложностью.

#### *Статистические показатели торговых систем*

Подавляющее большинство торговых систем строятся на основе различных статистических показателей. Статистические показатели фильтруют статистические шумы в ценовых движениях. Для построения этих показателей используются стандартные методы математической статистики и теории вероятности.

К основным способам фильтрации статистических шумов относится усреднение. В компьютерном анализе используются три способа усреднения:

- простое;
- взвешенное;
- экспоненциальное.

К одному из простых, а потому наиболее часто используемых показателей относятся простые скользящие средние (Simple Moving Average, далее – SMA). Данный показатель представляет собой среднее арифметическое цен фиксированного числа предыдущих периодов времени, включая текущий:

$$SMA(i, n) = \frac{1}{n} \sum_{k=i-n+1}^i P_k, \quad (1)$$

где SMA – простая скользящая средняя;  $P_k$  – цена в  $k$ -й момент времени ( $k = i - n + 1, i - n, \dots, i$ );  $P_i$  – цена в текущий момент времени;  $n$  – количество рассматриваемых периодов.

В качестве цены могут быть выбраны минимальные, максимальные цены или цены закрытия. Как правило, используются цены закрытия.

Из формулы (1) видно, что  $n$ -периодная простая скользящая средняя зависит только от  $n$  ближайших значений цены. При этом при переходе к следующей точке по крайней мере  $(n - 1)$  слагаемое не изменяется. Поэтому формулу (1) можно переписать в более удобном для вычислений итерационном виде:

$$SMA(i, n) = SMA(i - 1, n) + \frac{P_i - P_{i-n}}{n}. \quad (2)$$

При вычислении взвешенной скользящей средней (Weighted Moving Average, далее – WMA) каждой из цен анализируемого промежутка времени придается некоторый вес:

Система принятия инвестиционных решений для работы на финансовых рынках

$$WMA(i, n) = \frac{\sum_{k=i-n+1}^i P_k \omega_k}{\sum_{k=i-n+1}^i \omega_k}, \quad (3)$$

где  $WMA$  – взвешенная скользящая средняя;  $\omega_k$  – значение весового коэффициента для цены в  $k$ -й момент времени.

В качестве весовых коэффициентов могут выступать:

- натуральные числа, соответствующие номерам точек;
- произвольные числа меньше единицы, при этом  $\sum \omega_k = 1$ ;
- объемы сделок в соответствующие моменты времени.

Предлагаемая в данной работе торговая система основана на использовании экспоненциальных скользящих средних (Exponentially Moving Average, далее – ЕМА), которые представляют собой частный случай взвешенных скользящих средних.

Индикатор ЕМА используется достаточно часто при торговле на финансовых рынках. Данный индикатор отображает средневзвешенное значение цен за определенный период времени. При этом весовые коэффициенты цен убывают по экспоненте по мере удаления от последнего по времени значения цены.

Для расчета экспоненциальной скользящей средней  $n$ -го порядка в  $i$ -й момент времени в данной работе использовалась итерационная формула следующего вида [13]:

$$EMA(i, n) = k \times P_i + (1 - k) \times EMA(i - 1, n), \quad (4)$$

где  $k = \frac{2}{n+1}$  – коэффициент сглаживания,  $k \in [0; 1]$ ;  $P_i$  – цена финансового актива в  $i$ -й момент времени.

Очевидное преимущество экспоненциальной скользящей средней перед простой экспоненциальной средней заключается в том, что старые по времени цены оказывают меньшее влияние на текущее значение индикатора, чем новые.

В качестве начального приближения для итерационной формулы (4) можно взять простую скользящую среднюю за аналогичный период усреднения  $n$ .

Алгоритм расчета ЕМА можно представить следующим образом.

1. Задается порядок ЕМА (число  $n$ ).
2. Вычисляется коэффициент сглаживания  $k$  для заданного порядка.
3. Вычисляется значение SMA для первых  $n$  периодов.
4. Полученное значение SMA используется в качестве первого приближения для расчета значения ЕМА на следующем шаге.

Для каждого последующего значения цены повторяется п. 4, но уже с использованием значения ЕМА, рассчитанного на предыдущей итерации.

Наиболее важным параметром любой скользящей средней считается период усреднения. Чем больше значение  $n$ , тем более сглаженной получается скользящая средняя. На практике значение  $n = 3-200$ .

Наиболее оптимальным вариантом при выборе порядка ЕМА считается его привязка к цикличности рынка. Считается, что при выявлении длительности цикла порядок ЕМА должен равняться половине доминирующего рыночного цикла. Например, если выявлен цикл продолжительностью 26 дней, то для анализа такого рынка нужно использовать 13-дневную ЕМА.

Однако проблема такого подхода заключается в том, что циклы очень часто меняют свою периодичность и даже исчезают вовсе. В поисках циклов некоторые инвесторы прибегают к программам типа MESA (Maximum Entropy Spectral Analysis), использующим метод спектрального анализа максимальной энтропии, предложенный Джоном Элерсом для цифровой обработки сигналов в техническом анализе [14]. Однако результаты работы этой программы также показывают, что подавляющую часть времени рыночный шум (market noise) превосходит амплитуду цикла [15].

Поэтому при выборе порядка ЕМА зачастую инвесторы опираются на простое практическое правило: чем более длинную тенденцию они пытаются найти, тем больше должен быть порядок ЕМА. Наиболее часто в реальной торговле используются значения  $n = 10-20$ . Довольно часто в качестве порядка ЕМА используются числа Фибоначчи: 3, 5, 8, 13, 21 и др.

На Рисунке 3 представлен график изменения цен на фьючерсные контракты на нефть марки Brent с тремя экспоненциальными средними разного порядка.



**Рисунок 3.** Графическое представление скользящих средних

Из Рисунка 3 можно сделать следующие выводы.

1. В зависимости от направления тренда скользящая средняя может выступать как в качестве линии поддержки, так и в качестве линии сопротивления.



2. Индикатор работает с запаздыванием по отношению к цене.

3. Чем больше порядок скользящей средней, тем она более сглажена по сравнению с графиком цены и тем она больше запаздывает по сравнению с изменениями цен.

Среди главных свойств индикатора стоит отметить способность сглаживать локальные рыночные шумы и определять основную рыночную тенденцию с хорошим показателем точности. Если линия ЕМА направлена вверх, имеет место повышательный тренд (цены в среднем растут), если линия ЕМА направлена вниз – понижительный тренд (цены в среднем снижаются).

В самом общем случае различные скользящие средние описывают кратко-, средне- и долгосрочные тренды. При этом действуют следующие правила:

- при ярко выраженном повышательном тренде наиболее чувствительная (краткосрочная) скользящая средняя расположена выше, а наиболее грубая (долгосрочная) – ниже всех остальных; на понижительном тренде наблюдается обратная закономерность;
- по пересечению скользящих средних можно судить об изменении тренда; сначала пересекаются более чувствительные средние, а затем (в порядке возрастания периода) – более грубые; в соответствии с тем, линии каких порядков пересеклись и как поменялось их взаимное расположение, можно судить о том, какой именно тренд – краткосрочный, среднесрочный или долгосрочный – изменил свое направление.

При использовании скользящих средних для создания торговых систем есть смысл придерживаться следующих рекомендаций.

1. Скользящие средние особенно эффективны на трендовых рынках. Они помогают определить и подтвердить преобладающую тенденцию, что делает их ценным инструментом для стратегий следования за трендом.

2. Скользящие средние не дают точных сигналов для рыночных максимумов и минимумов. Хотя они могут указывать на потенциальные точки разворота, они не предлагают точного времени для таких событий. Для точного определения экстремальных значений цен, как правило, требуется дополнительный анализ и подтверждение от других индикаторов или инструментов.

3. В отсутствие явно выраженного тренда (при консолидации цен в коридоре) запаздывание сигналов, генерируемых скользящими средними, может сделать их бесполезными.

Существуют различные способы увеличения эффективности торговых систем на основе ЕМА. Один из способов увеличения эффективности трендовых систем на рынках с неявно выраженной трендовой составляющей заключается в использовании разного рода фильтров.

Фильтры представляют собой некоторые правила, которые отклоняют некоторые сигналы торговой системы.

Примеры простейших фильтров:

- цена должна закрыться по другую сторону ЕМА некоторое количество раз (как правило, два раза);
- цена должна прорвать ЕМА на определенное количество процентов;
- пересечение трех скользящих средних разного порядка (например, 8-, 21- и 55-дневных ЕМА).

Следует отметить, что, как правило, при разработке торговых систем торговый метод и система управления капиталом представляют собой независимые блоки, то есть не связаны друг с другом.



Основной особенностью предлагаемой в данной работе системы является объединение торгового метода и системы управления капиталом в единое целое. Кроме того, торговая система основана на использовании произвольного количества экспоненциальных скользящих средних, то есть количество скользящих средних является одним из параметров системы.

Для проведения сравнительного анализа результатов работы предлагаемой системы с другими системами были выбраны несколько популярных торговых систем.

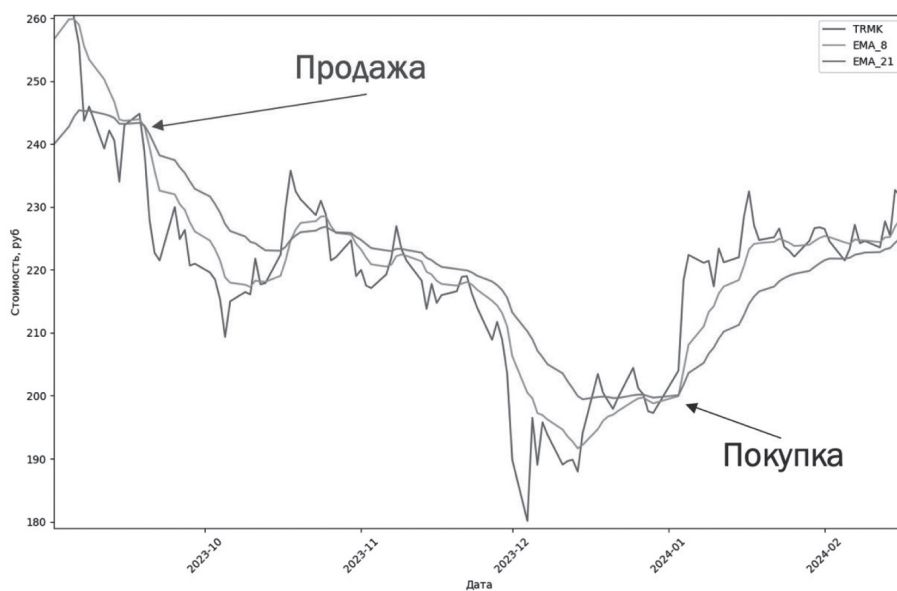
**Стратегия «Купи и держи».** Это самая популярная среди консервативных инвесторов стратегия, заключающаяся в одноразовой покупке финансового актива на все свободные денежные средства и одноразовой их продаже. Очевидно, что график изменения доходности такой стратегии будет фактически повторять график изменения доходности самого финансового актива.

**Стратегия «Две скользящие средние».** Стратегия основана на генерации торговых сигналов при пересечении двух экспоненциальных скользящих средних разного порядка:

- если ЕМА за меньший период пересекает ЕМА за больший период снизу вверх, то генерируется сигнал на покупку;
- если ЕМА за меньший период пересекает ЕМА за больший период сверху вниз, то генерируется сигнал на продажу.

Достоинство такой стратегии заключается в том, что направление и взаимное расположение скользящих средних выступают в качестве фильтров ложных сигналов.

Примеры торговых сигналов, генерируемых такой системой для акций Трубной металлургической компании (тикер TRMK) и двух экспоненциальных скользящих средних с периодами 8 и 21 дней представлены на Рисунке 4.

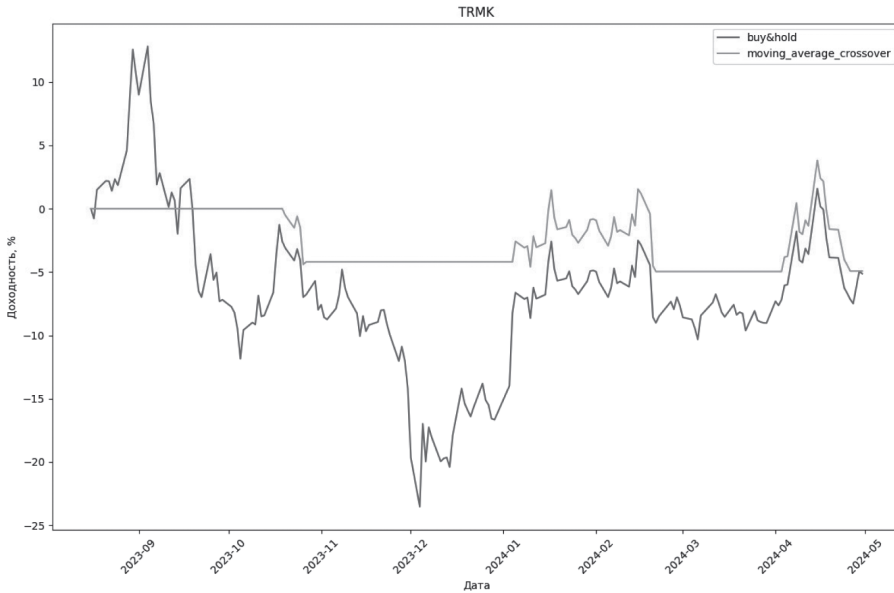


**Рисунок 4.** Торговые сигналы для системы из двух скользящих средних

На Рисунке 5 представлен график изменения доходности описанной выше торговой системы, из которого видно, что описанная выше стратегия не позволяет «просесть» счету

## Система принятия инвестиционных решений для работы на финансовых рынках

инвестора в периоды сильного снижения цен (горизонтальная линия на графике) за счет закрытия позиции (продажи финансового актива) в определенные моменты времени.



**Рисунок 5.** Изменение доходности стратегии для двух скользящих средних

В те же периоды времени, когда позиция открыта (куплен финансовый актив), внешний вид графика изменения доходности стратегии по форме идентичен графику изменения цены (графику изменения доходности «Купи и держи»). Такое поведение обусловлено исключительно отсутствием в данной стратегии системы управления капиталом, поскольку при получении сигнала на покупку позиция открывается на все свободные денежные средства, а при получении сигнала на продажу позиция закрывается целиком (финансовый актив продается в полном количестве).

**Стратегия «Три скользящие средние».** Стратегия основана на похожих правилах:

- сигнал на покупку генерируется, когда скользящие средние выстраиваются в таком порядке, что ЕМА наименьшего порядка располагается выше других, а ЕМА наибольшего порядка – ниже других;
- сигнал на продажу генерируется, когда скользящие средние выстраиваются в таком порядке, что ЕМА наименьшего порядка располагается ниже других, а ЕМА наибольшего порядка – выше других.

Примеры торговых сигналов, генерируемых такой системой для акций Трубной металлургической компании и трех экспоненциальных скользящих средних с периодами 8, 21 и 55 дней представлены на Рисунке 6.

Поскольку в данной торговой стратегии также отсутствует система управления капиталом, то доходность такой стратегии будет изменяться подобным образом (Рисунок 7).

Отличие этих двух стратегий будет заключаться в том, что для случая трех скользящих средних торговые сигналы будут генерироваться реже, поскольку на перестроение трех средних будет уходить больше времени. Это подтверждается наличием одного горизон-

тального участка на Рисунке 7 (на рассматриваемом интервале времени был сгенерирован один сигнал на продажу) и трех горизонтальных участков на Рисунке 5 (было сгенерировано три сигнала на продажу).

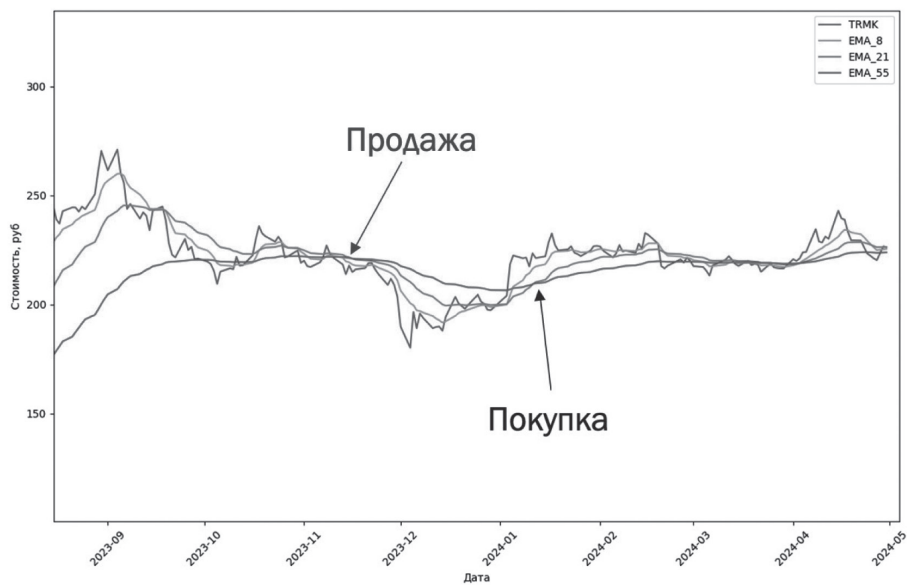


Рисунок 6. Торговые сигналы для системы из трех скользящих средних

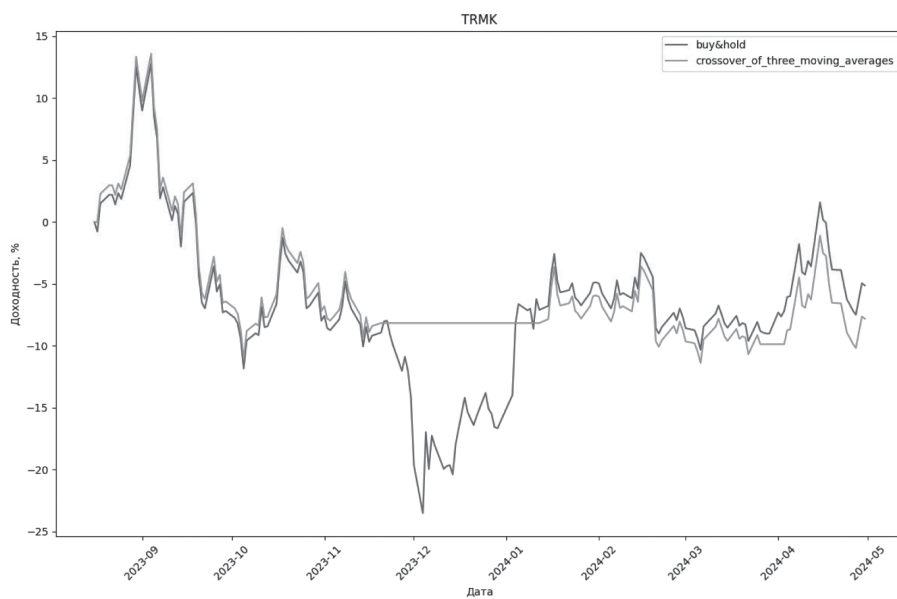


Рисунок 7. Изменение доходности стратегии для трех скользящих средних

**Мультитрендовая торговая стратегия.** Стратегия описана в работе [4] и основана на трех экспоненциальных средних разного порядка. Однако отличительной чертой стратегии является объединение в единую систему торгового метода и системы управления капиталом. Основная идея системы заключается в том, что позиции открываются и закрываются не целиком, а частями, в зависимости от того, какая из скользящих средних изменила своё направление.

Для расчета размера позиции в данной стратегии используется формула

$$\gamma = \alpha_1 \beta_1 + \alpha_2 \beta_2 + \alpha_3 \beta_3 ,$$

где  $\gamma$  – размер позиции;  $\alpha_i$  – коэффициенты наличия тренда;  $\beta_i$  – весовые коэффициенты влияния соответствующего тренда.

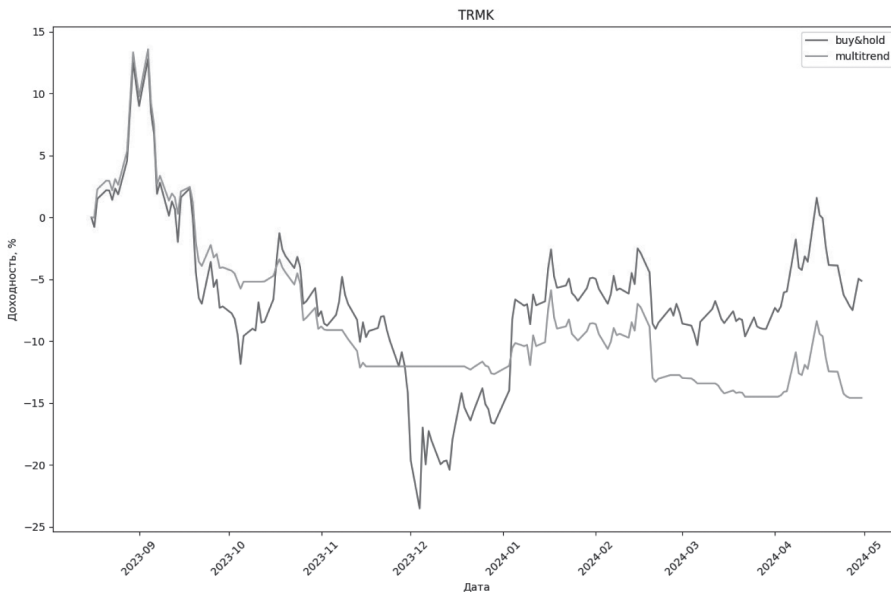
При этом для весовых коэффициентов выполняется классическое условие

$$\sum_{i=1}^3 \beta_i = 1 .$$

Коэффициенты наличия тренда рассчитываются по четырем последовательным точкам по следующим правилам:

- если  $EMA_i > EMA_{i-1} > EMA_{i-2} > EMA_{i-3}$  (наклон положительный, тренд повышательный), то  $\alpha_i = 1$ ;
- если  $EMA_i < EMA_{i-1} < EMA_{i-2} < EMA_{i-3}$  (наклон отрицательный, тренд понижательный), то  $\alpha_i = 0$ ;
- во всех остальных случаях считается, что какой-либо тренд отсутствует, и  $\alpha_i = 0,5$ .

График изменения доходности данной стратегии для экспоненциальных скользящих средних с периодами 8, 21 и 55 дней и весовых коэффициентов влияния трендов 0,2, 0,3 и 0,5 представлен на Рисунке 8.



**Рисунок 8.** Изменение доходности для мультитрендовой стратегии

Из представленного графика видно, что за счет частичного открытия/закрытия позиции график изменения доходности не на всех участках совпадает по форме с графиком цены, что позволяет получать определенные преимущества на отдельных периодах времени.

В данной работе предлагается применить идею мультитрендовой системы для случая произвольного количества скользящих средних, чтобы система быстрее реагировала на малейшее изменение тренда.

В предлагаемой стратегии перерасчет размера позиции происходит при изменении расположения экспоненциальных средних друг относительно друга по следующему алгоритму:

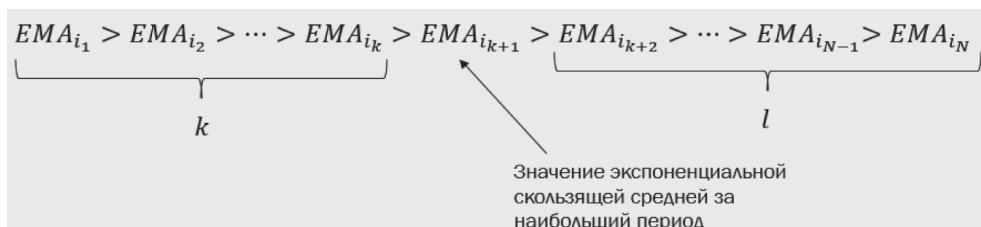
- из последовательности рассчитанных ЕМА выбирается значение ЕМА за наибольший период;

- вычисляется промежуточный коэффициент

$$\frac{k}{n},$$

где  $k$  – количество ЕМА, значения которых больше рассматриваемой;  $n$  – количество всех значений ЕМА, кроме рассматриваемой (см. Рисунок 9);

- значение ЕМА за наибольший период исключается из последовательности ЕМА;
- предыдущие пункты повторяются до тех пор, пока в последовательности ЕМА не останется одно значение;
- рассчитывается искомый коэффициент как среднее значение последовательности промежуточных коэффициентов.



**Рисунок 9.** Вычисление промежуточного коэффициента

В общем виде алгоритм расчета результирующей позиции  $\gamma$  представлен на Рисунке 10. Графическая визуализация процесса расчета промежуточного коэффициента представлена на Рисунке 11.

Для проверки работоспособности предлагаемой торговой стратегии было проведено ее тестирование на тех же исторических данных, на которых тестировались предыдущие три стратегии.

Результаты тестирования для системы из четырех экспоненциальных скользящих средних с периодами 8, 13, 21 и 34 дня представлены на Рисунке 12.

Из представленных результатов видно, что предлагаемая система существенно сокращает риски инвесторов по сравнению с вышерассмотренными системами за счет более гибкого управления размером позиции.

Результаты тестирования разработанной торговой стратегии и на других исторических данных также подтверждают её превосходство по соотношению риск/доходность как над консервативными стратегиями типа «Купи и держи», так и над другими трендовыми стратегиями.

Система принятия инвестиционных решений для работы на финансовых рынках

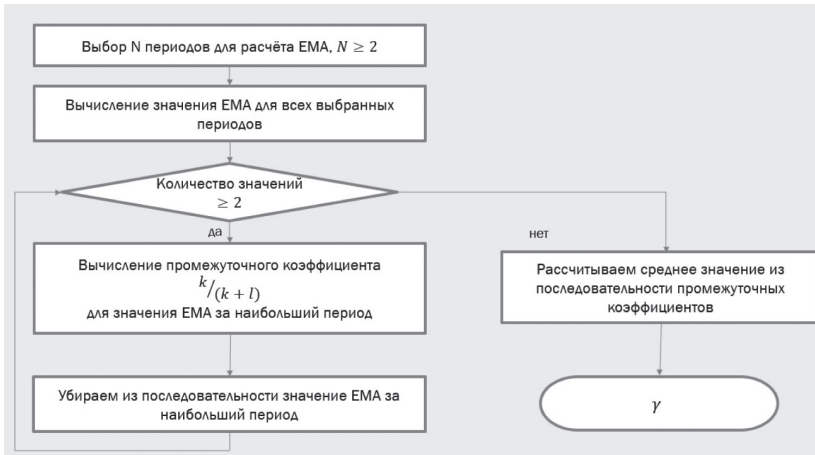


Рисунок 10. Алгоритм расчета результирующей позиции

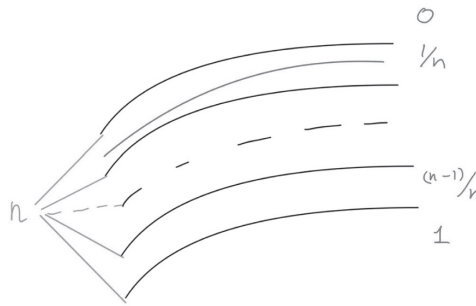


Рисунок 11. Визуализация расчета промежуточного коэффициента

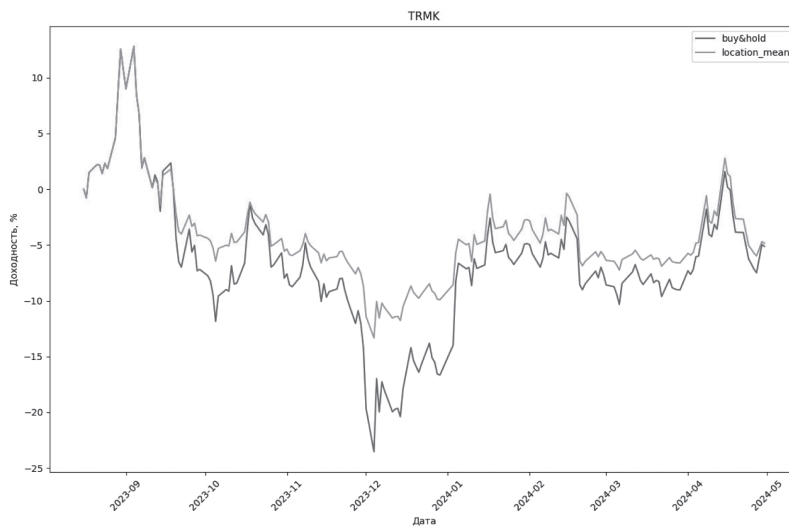
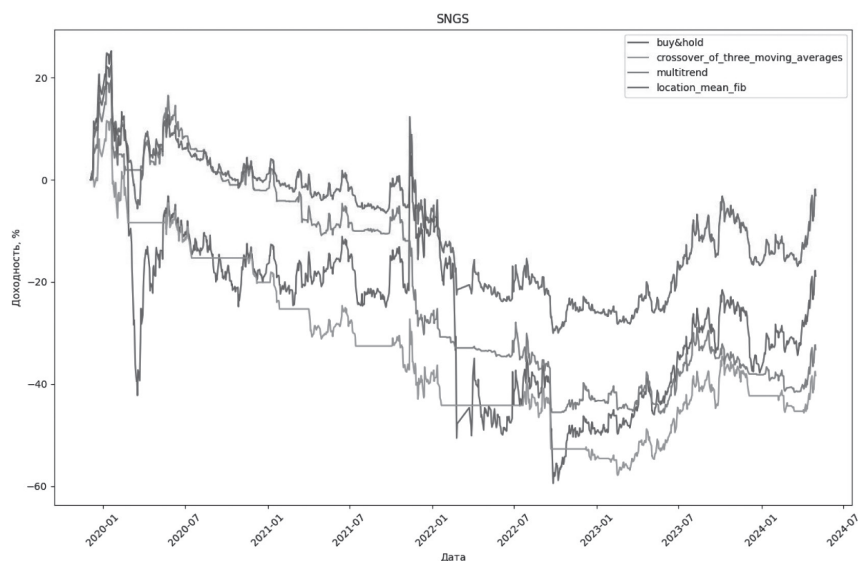


Рисунок 12. Результаты тестирования предлагаемой торговой системы

### Результаты тестирования

В качестве примера на Рисунке 13 приведены результаты тестирования всех рассмотренных в данной работе стратегий для акций Сургутнефтегаза за более длительный период – с 05.12.2019 по 30.04.2024.



**Рисунок 13.** Результаты тестирования различных торговых стратегий

В Таблице представлены результаты тестирования различных стратегий для акций Сбербанка за период с 16.08.2023 по 30.04.2024.

Таблица

#### Статистические показатели различных торговых систем для акций Сбербанка

Статистические показатели	Торговая стратегия		
	3 ЕМА	Мультитрендовая	Множественные ЕМА
Доходность, %	4,64	2,85	12,03
Количество прибыльных сделок	80	96	164
Количество убыточных сделок	100	85	17
Средняя прибыльная сделка, %	2,7	3,79	5,82
Средняя убыточная сделка, %	5,68	5,98	2,63

Источник: таблица составлена авторами.

#### Заключение

Предложенная в данной работе стратегия была реализована в виде компьютерной программы на языке Python с использованием следующих программных средств:

- библиотека NumPy – для числовых вычислений;
- библиотека Pandas – для анализа данных;
- библиотека Matplotlib – для визуализации данных;



- библиотека *Аrimoex* – для получения данных по котировкам ценных бумаг с Московской биржи.

Отличительной особенностью разработанной системы принятия инвестиционных решений является оригинальная система управления размером позиции, позволяющая получать стабильные результаты торговли. Система может быть легко алгоритмизирована и интегрирована в автоматическую торговую систему, известную как торговый робот.

### Литература

1. Шарп У.Ф., Александер Г.Дж., Бейли Дж.В. Инвестиции : Учебник / Пер. с англ. А.Н. Буренина, А.А. Васина. М. : ИНФРА-М, 2022. 1028 с. ISBN 978-5-16-016789-3.
2. Чеботарев Ю.А. Торговые роботы на российском фондовом рынке. М. : СмартБук, 2011. 160 с. ISBN 978-5-9791-0254-2.
3. Cartea A., Jamingal S., Penava J. *Algorithmic and High-Frequency Trading*. Cambridge : Cambridge University Press, 2015. 356 p. ISBN 1107091144.
4. Bukunov S.V., Bukunova O.V. Multi-trend trade system for financial market // *Business Informatics*. 2022. Т. 16. № 4. С. 36–49. EDN DOSHAY. DOI: 10.17323/2587-814X.2022.4.36.49
5. Klimin P.Y., Bukunov S.V. Computer modeling of modern financial markets // *Proceedings of the Information Technologies and Intelligent Decision Making Systems (ITIDMS2021)*. Moscow, January 20, 2021. Vol. 2843. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-2843/paper014.pdf> (дата обращения: 02.07.2024).
6. Chan E.P. *Algorithmic Trading: Winning Strategies and Their Rationale*. New Jersey : John Wiley & Sons, 2013. 255 p. ISBN 1118460146.
7. Букунов С.В., Букунова О.В. Разработка бизнес-приложения для обработки и анализа данных по финансовым рынкам с помощью языка R // *Вестник Российского нового университета. Серия: Сложные системы: модели, анализ и управление*. 2020. № 1. С. 182–195. EDN IFLNFS. DOI: 10.25586/RNU.V9187.20.01.P.182
8. Davey K.J. *Building Winning Algorithmic Trading System: A Trader's Journey from Data Mining to Monte Carlo Simulation to Live Trading*. New Jersey : John Wiley & Sons, 2014. 284 p. ISBN 111877888X.
9. Кудрявцев О.Е., Мамедзаде Х.М., Родоченко В.В., Чивчян А.А. Анализ эффективности стратегий для торговли опционами на Московской Бирже с применением методов машинного обучения // *Инженерный вестник Дона*. 2017. № 1. С. 52. EDN ZBBNEZ. URL: [www.ivdon.ru/magazine/archive/n1y2017/4069/](http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n1y2017/4069/) (дата обращения: 02.07.2024).
10. Швагер Д. *Технический анализ : Полный курс / Пер. с англ. А. Куницына, Б. Зуева*. 14-е изд. М. : Альпина Паблишерз, 2018. 804 с. ISBN 978-5-9614-6342-2.
11. Андрианова Е.Г., Новикова О.А. Роль методов интеллектуального анализа текста в автоматизации прогнозирования рынка ценных бумаг // *Cloud of Science*. 2018. Т. 5. № 1. С. 196–211. EDN YUTIIN. URL: [https://cloudofscience.ru/publications/archive/cos\\_5\\_1/](https://cloudofscience.ru/publications/archive/cos_5_1/) (дата обращения: 25.06.2024).
12. Солабутто Н.В. *Трейдинг: торговые системы и методы*. СПб. : Питер, 2010. 336 с. ISBN 978-5-49807-634-8.
13. Найман Э.А. *Треjder-инвестор*. Киев : ВИРА-Р, 2000. 640 с. ISBN 9667808002.
14. Ehlers J.F. *Cycle analytics for traders*. New Jersey : John Wiley & Sons. 256 p. ISBN 1118728513.
15. Эддер А. *Как играть и выигрывать на бирже: Психология. Технический анализ. Контроль над капиталом* : Пер. с англ. М. : Альпина Паблишерз, 2010. 472 с. ISBN 5961413179.

## References

1. Sharpe W.F., Alexander G.J., Bailey J.V. (1995) *Investments*. 5<sup>th</sup> edition. Prentice Hall. 1058 p. (Russian edition: transl. by A.N. Burenin, A.A. Vasin, Moscow : INFRA-M Publ., 2022. 1028 p.).
2. Chebotarev Yu.A. (2011) *Torgovye roboty na rossiiskom fondovom rynke* [Trading robots on the Russian stock market]. Moscow : SmartBook Publ. 160 p. ISBN 978-5-9791-0254-2. (In Russian).
3. Cartea A., Jamingal S., Penava J. (2015) *Algorithmic and High-Frequency Trading*. Cambridge : Cambridge University Press. 356 p. ISBN 1107091144.
4. Bukunov S.V., Bukunova O.V. (2022) Multi-trend trade system for financial markets. *Business Informatics*. Vol. 16. No. 4. Pp. 36–49. DOI: 10.17323/2587-814X.2022.4.36.49
5. Klimin P.Y., Bukunov S.V. (2021) Computer modeling of modern financial markets. In: Kryukovskiy A.S., Gibadullin A.A. (Eds) *Proceedings of the Information Technologies and Intelligent Decision Making Systems (ITIDMS2021)*. Vol. 2843. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-2843/paper014.pdf> (accessed 02.07.2024).
6. Chan E.P. (2013) *Algorithmic Trading: Winning Strategies and Their Rationale*. New Jersey : John Wiley & Sons. 255 p. ISBN 1118460146.
7. Bukunov S.V., Bukunova O.V. (2020) Development of a business application for processing and analyzing data on financial markets using the R language. *Vestnik of the Russian New University. Series: Complex Systems: Models, analysis and management*. No. 1. Pp. 182–195. DOI: 10.25586/RNUV9187.20.01.P.182 (In Russian).
8. Davey K.J. (2014) *Building Winning Algorithmic Trading System: A Trader's Journey from Data Mining to Monte Carlo Simulation to Live Trading*. New Jersey : John Wiley & Sons. 284 p. ISBN 111877888X.
9. Kudryavtsev O.E., Mamedzade Kh.M., Rodochenko V.V., Chivchyan A.A. (2017) Analysis of the efficiency of strategies for trading options on the Moscow Exchange using machine learning methods. *Engineering Journal of Don*. No. 1. Pp. 52. URL: [www.ivdon.ru/magazine/archive/n1y2017/4069/](http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n1y2017/4069/) (accessed 02.07.2020). (In Russian).
10. Schwager J.D. (1995) *Technical analysis*. John Wiley & Sons. 800 p. (Russian edition: transl. by A. Kunitsyn, B. Zuev. Moscow : Alpina Publishers, 2018. 804 p.).
11. Andrianova E.G., Novikova O.A. (2018) The role of text mining methods in automating stock market predicting. *Cloud of Science*. Vol. 5. No. 1. Pp. 196–211. URL: [https://cloudofscience.ru/publications/archive/cos\\_5\\_1/](https://cloudofscience.ru/publications/archive/cos_5_1/) (accessed 25.06.2024). (In Russian).
12. Solabuto N.V. (2010) *Trading: trading systems and methods*. St. Petersburg : Piter. 336 p. ISBN 978-5-49807-634-8. (In Russian).
13. Naiman E.L. (2000) *Trader-Investor*. (Russian edition: ed. by O.V. Avramenko. Kiev : VIRA-R, 2000. 640 p.).
14. Ehlers J.F. (2013) *Cycle analytics for traders*. New Jersey : John Wiley & Sons. 256 p. ISBN 1118728513.
15. Elder A. (1993) *Trading for a Living: Psychology, Trading Tactics, Money Management*. John Wiley & Sons. 304 p. (Russian edition: transl. by A. Volkov, M. Volkova. Moscow : Alpina Publishers, 2010. 472 p.).