



Munich Personal RePEc Archive

# **Building and testing a digital model for effective investment decisions to form strategies for development of economic entities**

Basharina, Olga and Baranova, Nina and Larin, Sergey

Irkutsk State University; Institute of System Dynamics and Control Theory named after V.M. Matrosova Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, Central Economics and Mathematics Institute of the RAS

28 September 2023

Online at <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/119334/>  
MPRA Paper No. 119334, posted 11 Dec 2023 15:33 UTC

**Разработка и апробация цифровой модели принятия эффективных инвестиционных решений для формирования стратегий развития экономических субъектов**  
**Building and testing a digital model for effective investment decisions to form strategies for development of economic entities**

**Башарина Ольга Юрьевна,**  
Иркутский государственный университет;  
Институт динамики систем и теории управления имени В.М. Матросова  
Сибирского отделения Российской академии наук (ИДСТУ СО РАН), Иркутск, Россия  
basharinaolga@mail.ru

**Basharina Olga Yurievna,**  
Irkutsk State University;  
Institute of System Dynamics and Control Theory named after V.M. Matrosova  
Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (IDSTU SB RAS), Irkutsk, Russia  
basharinaolga@mail.ru

**Баранова Нина Михайловна,**  
Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы (РУДН),  
Москва, Россия  
baranova\_nm@pfur.ru

**Baranova Nina Mikhailovna,**  
Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba (RUDN),  
Moscow, Russia  
baranova\_nm@pfur.ru

**Ларин Сергей Николаевич,**  
Кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник  
Центральный экономико-математический институт РАН, г. Москва, Россия  
sergey77707@rambler.ru

**Larin Sergey Nikolaevich,**  
PhD of Technic, Leading Researcher  
Central Economics and Mathematics Institute of the RAS  
sergey77707@rambler.ru

**Аннотация.**

**Актуальность.** В условиях санкционных ограничений резко сократились возможности привлечения внешних заимствований. Это обосновало решение о целесообразности внутренних инвестиций, и стало отправной точкой развития программных средств, позволяющих получать расчеты и принимать инвестиционные решения. Разработанная цифровая модель ISPI (Information System Portfolio Investor) позволит принимать наиболее эффективные инвестиционные решения, в т.ч. на уровне правительств.

**Цель.** Построить ISPI для выявления наиболее привлекательных направлений инвестирования на региональном, страновом и межстрановом уровнях.

**Методы.** Научные труды российских и зарубежных ученых, современные аналитические инструменты инвестиционного анализа. В основу разработанной цифровой модели ISPI были положены теория портфеля Марковица, модель PRM (Profitability-Risk model), методы оптимизации. Для проведения расчетов были использованы статистические данные о доходностях основных и отраслевых индексов Великобритании, Индии, Китая, США, Франции, Южной Африки за 2014-2021 гг. с шагом в 1 месяц.

**Результаты.** В ходе проведения исследования была разработана цифровая модель ISPI для принятия эффективных инвестиционных решений. В результате ее применения были построены диаграммы рассеяния ведущих индексов фондовых рынков и определены ведущие сектора национальных экономик изучаемых стран, выявлены наиболее привлекательные направления инвестирования. Решена задача поиска глобального оптимума для исследуемых стран. Проведена дифференциация ведущих секторов экономики этих стран по уровню риска инвестирования. Определено, что интернациональный портфель наиболее предпочтителен для инвестирования. Анализ синтезированных ведущих секторов экономики исследуемых стран позволил определить существенные структурные отличия между ними.

**Заключение.** Цифровая модель ISPI помогает инвесторам выявить наиболее привлекательные для своей деятельности регионы или страны. ISPI позволяет определить отрасли, инвестирование в которые в пределах ближайшего инвестиционного горизонта наиболее оправданы. При помощи модели можно в разрезе отдельных стран выявить финансовые инструменты, которые наиболее целесообразно использовать для инвестирования.

**Ключевые слова:** экономические субъекты, экономическое развитие, цифровая модель ISPI, модель PRM, эффективные инвестиционные решения.

#### **Abstract.**

**Subject.** Sanction restrictions sharply decreased possibilities to attract external borrowings and substantiated the expediency of internal investments. This necessitated software tools enabling calculations and investment decisions. The developed a digital model of ISPI (Information System Portfolio Investor) will help make smart investment decisions, including at the government level.

**Objectives.** The study aims to build a digital model to identify the most attractive investment areas at the regional, country, and cross-country level.

**Methods.** The ISPI model is based on the Markowitz portfolio theory, the Profitability-Risk Model (PRM), and optimization methods. For our calculations, we used yields on Major and

Sector Indices of the UK, India, China, USA, France, South Africa for 2014–2021, in one-month increments.

**Results.** Using the developed ISPI model, we constructed scatter plots of leading stock market indices and identified the leading sectors of national economies of the studied countries and the most attractive investment areas. We solved the problem of finding a global optimum for the studied countries, differentiated the leading economic sectors by the level of investment risk, determined that an international portfolio is the most preferable for investment.

**Conclusions.** Our ISPI model helps investors identify a region or country for smart investments. The model enables to determine industries in which investing is most justified within the nearest investment horizon. The model also helps identify the most appropriate financial instruments for investing in individual countries.

**Keywords:** economic entity, economic development, ISPI digital model, effective investment solution.

### **Введение.**

В современных экономических условиях совершенствование и развитие цифрового инструментария для формирования эффективных инвестиционных стратегий развития экономических субъектов актуальна и обусловлена следующими факторами:

1. Возможности привлечения инвестиций способствуют появлению новых тенденций и закономерностей развития экономических субъектов. В связи с этим возникает потребность в разработке инструментов определения перспективных направлений развития и поиске механизмов реализации инвестиционных стратегий.

2. Для разработки инвестиционных стратегий развития экономических субъектов необходимо шире использовать накопленный опыт их практической разработки.

3. В условиях динамичных изменений внешней среды в практической деятельности экономических субъектов разного уровня управления недостаточно используются современные инструменты формирования инвестиционных стратегий развития и устойчивого роста.

4. Увеличение сложности формирования инвестиционных стратегий развития экономических субъектов в связи с ростом числа и объема разнонаправленных факторов влияния на различных уровнях управления.

Разные алгоритмы решения одной и той же экономической задачи предполагают различные варианты дальнейшего развития событий. Решение задачи, в том числе и инвестиционной, порой осложнено перебором большого числа алгоритмов и методов, и поэтому не всегда возможно или не всегда проводится инвестором из-за отсутствия

времени или необходимых знаний. Поэтому выбор инвестиционных стратегических решений часто происходит интуитивно, без учета существующего опыта и степени изученности проблемы.

К выбору инвестиционной стратегии развития экономических субъектов можно подойти двояко. Во-первых, верифицировать конкурирующие стратегии по данным официальных сайтов и выбрать наиболее эффективную для дальнейшего использования. Остальные стратегии с худшими критериями качества отбросить. Однако, как показывает практика, отброшенные стратегии могут иметь незначительные отклонения в критериях качества от выбранной стратегии, которые сопоставимы с погрешностями используемых статистических данных. Во-вторых, объединить стратегии в группу стратегий<sup>1</sup>. Причем в эту группу могут быть включены стратегии с различными уровнями эффективности. Однако это может привести к более худшему результату из-за неточных прогнозов некоторых из стратегий (Scott Musman, 2017; Makbule Kandakoglu, 2022; Naan, 2023; Binyan Jiang, 2023). Для учета всех положительных особенностей каждой из рассмотренных стратегий был разработан алгоритм синтеза окончательной инвестиционной стратегии в рамках разработанной цифровой модели ISPI. В предложенной модели ISPI были использованы следующие методы оптимизации (Канторович, 1959; Dantzig, 1963; Tsay R., 2019):

1) математические методы линейного и нелинейного программирования, систематический перебор всех потенциальных вариантов, одномерные и многомерные методы поиска экстремума и т.д.

2) овражные методы для нелинейных целевых функций (метод покоординатного спуска, метод вращающихся координат - метод Розенброка, метод наискорейшего спуска, метод градиентов, метод Гельфанда, метод Гаусса-Зейделя).

Разработка и апробация цифровой модели ISPI будет способствовать принятию эффективного инвестиционного решения, что по-прежнему является актуальной проблемой на современном этапе.

### **Материалы и методы.**

В современной научной литературе представлено достаточно научных работ, посвященных разрабатываемой проблеме. Samuel R. Kaplan, L.T. Bodnar, N. Parolya, W. Schmid, Meunier, S. Ohadi, J.M. Chen, P.B. Бабушкин, Д.А. Герцекович, О.Л. Подлиняев, Н.А. Чумак, С.Н. Ларин и др. занимались разработкой интегрированной системы инвестиционных стратегий и проводили исследование инвестиционных портфелей, в т.ч. и

---

<sup>1</sup> Под объединением будем понимать суммирование решений, полученных по стратегиям из числа конкурирующих.

в условиях неопределенности (Samuel R. Kaplan, 2014; Chen, 2016; Bodnar, 2020; Meunier, 2023; Герцекович, 2017, 2021a, 2021b). Jiang Binyan, Cheng Liu, Cheng Yong Tang анализировали инвестиционные портфели с использованием высокочастотных данных (Binyan Jiang, 2023). Makbule Kandakoglu, Grit Walther, Sarah Ben Amor представили многокритериальную кластеризацию в анализе принятия портфельных решений (Kandakoglu, 2022). A. Jeyachitra, M. Selvam, J. Gayathri установили взаимосвязь между риском и доходностью портфеля (Jeyachitra, 2010). Ramzi Nekhili, Elie Bouri занимались управлением рисков портфеля (Ramzi Nekhili, 2023). Scott Musman, Andrew Turner, M.A. Naan применили теорию игр в управлении рисками кибербезопасности (Musman Scott, 2017; Naan, 2023). Takuya Okabe, Jin Yoshimura проводили исследования нового долгосрочного показателя устойчивого роста в условиях неопределенности (Takuya Okabe et al, 2022). A.I. Pilipenko, V.I. Dikhtiar, N.M. Baranova исследовали проблемы «финансовой устойчивости» в России (Pilipenko, 2019) и др.

Сегодня, помимо научных исследований и разработок, в помощь инвестору предлагается большой выбор специальных программных средств. Это помогает проводить сортировку финансовых инструментов, анализировать их, составлять количественные прогнозы доходностей экономических субъектов на ближайший инвестиционный горизонт. Bloomberg, Thomson Reuters и др. предлагают собственные программно-аппаратные инструменты для профессионалов, Yahoo! Finance и Google Finance предоставляют сервисы для управления инвестиционным портфелем, Тинькофф Инвестиции, ВТБ Мои Инвестиции, Сбербанк Инвестор, Альфа Директ, МТС Инвестиции, Finam Trade, Alpari Invest и др. - программные продукты российских банков и финансовых компаний. Такие приложения помогают получать справочно-аналитическую информацию, открывать и управлять собственными инвестиционными счетами.

Несмотря на все достоинства, данные программные средства не используют в полной мере аналитические инструменты инвестиционного анализа, поэтому имеют ограниченный функционал применения. Большинство из этих программных средств не позволяют синтезировать иерархические инвестиционные стратегии и объединять их в группы. Для принятия эффективных инвестиционных решений, мы предлагаем цифровую модель ISPI (Information System Portfolio Investor).

## **Результаты.**

### **1. Разработка цифровой модели ISPI.**

С целью повышения эффективности принятия инвестиционных решений была разработана цифровая модель ISPI. В основу данной модели был положен принцип

комбинирования инвестиционных стратегий, который можно разбить на четыре этапа (рис. 1). Остановимся подробнее на каждом из них.

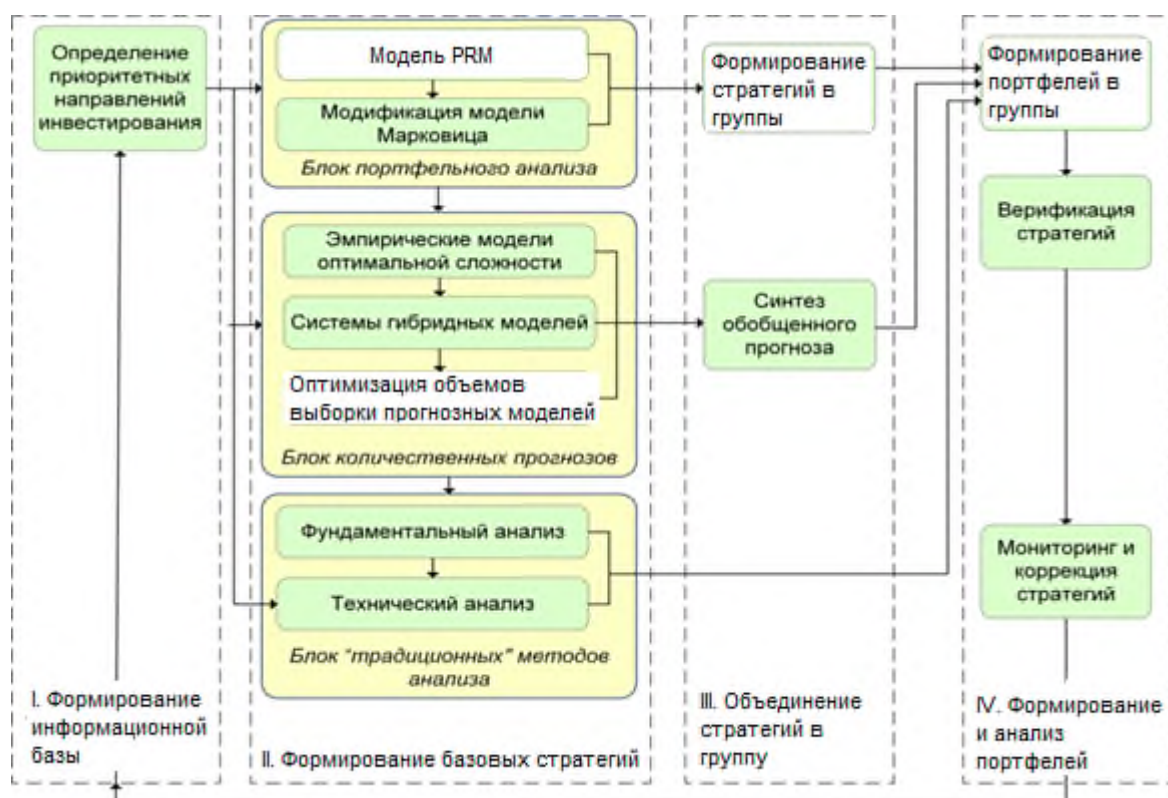


Рис. 1. Модель ISPI.

Источник: разработано авторами

*1 этап. Формирование информационной базы* происходит на основе статистических данных официальных источников. Данные представляют в виде многомерного массива, с числом строк, равным числу активов, и числом столбцов, равным объему фактических данных. По этим данным ISPI определяет приоритетные направления инвестирования. (рис. 1)

*2 этап. Формирование базовых стратегий* проходит на основе: 1) блока портфельного анализа; 2) блока количественных прогнозов; 3) блока «традиционных» методов анализа. (рис. 1)

*Блок портфельного анализа* представлен моделями: PRM (Profitability-Risk model) и модифицированной моделью Марковица. Выбор приоритетных направлений инвестирования проходит с помощью PRM (Markowitz, 1952; Jeyachitra, 2010; Герцекович, 2019), расчет ожидаемой доходности и уровня риска проводится по статистическим данным (назовем их «модельной» выборкой). Объем «модельной» выборки выбирается в пределах временного промежутка до 5 лет. (Graham, 2018) Для инструментов ведущей группы активов проводится корреляционный анализ. Исходя из результатов, формируются подгруппы финансовых инструментов. При этом взаимосвязь доходностей активов этих

подгрупп должна быть минимальна (Герцекович, 2017). Такой подход позволяет повысить диверсификационные качества подгрупп и улучшить их инвестиционные качества. При использовании модифицированной модели Марковица, в отличие от классической теории портфеля, базовые критерии (ожидаемая доходность, уровень риска) исследуемого финансового инструмента рассчитывается по своему оптимальному объему «модельной» выборки. Оптимальный объем «модельной» выборки определяется методом скользящей верификации, который учитывает особенности рассматриваемых рынков и соответствующих финансовых инструментов (Gercekovich, 2021).

*Блок количественных прогнозов* представлен эмпирическими моделями «оптимальной сложности», системой гибридных моделей, методами оптимизации объемов «модельной» выборки для прогнозных моделей (рис. 1). Эмпирические модели оптимальной сложности строятся методом исключения по принципу от сложного к простому (Gandolfo, 2016; Burger, 2018; Maiti, 2021). Для всех выходных переменных, апробация которых на «модельных» данных, показала их условную пригодность, строятся системы гибридных моделей: в правые части моделей включаются те базовые переменные, для которых синтезированные ранее прогностические модели показали приемлемое качество на «модельной» последовательности. То есть первоначальный список авторегрессионных членов дополняется ранее предсказанными входными переменными без запаздывания. В результате на выходе получается система гибридных моделей, возможно с автокорреляцией остатков. Через определенный временной промежуток с происходит старение информации. Поэтому для более точных прогнозов для каждого финансового инструмента, из числа отобранных лучших, приходится строить новые модели по новым данным на оптимальном временном промежутке (Tsay, 2019; Maiti, 2021; Vinyan, 2023).

*Блок традиционных методов анализа* состоит из фундаментального анализа (новостной анализ, анализ фондовых, отраслевых, сырьевых индексов и др.) и/или технического анализа (метод скользящей средней, метод линии среднего направленного движения (ADX), метод сближения/расхождения курса (MACD)).

*3 этап. Объединение инвестиционных стратегий.* Обобщенный прогноз, построенный по принципу комбинирования моделей, правил и прогнозов, будет способствовать повышению эффективности синтезированных моделей и прогнозов. Для объединения инвестиционных стратегий в группу, необходимо проранжировать их по вкладу каждого алгоритма в окончательное решение. Оптимальное число стратегий и вклад каждой из них определяется по результатам прогнозов.



4 этап. *Формирование инвестиционной политики* предполагает формирование портфелей в группу, верификацию стратегий, систематический мониторинг и коррекция стратегий.

Группировка портфелей проводится по принципу комбинирования результатов предыдущего этапа. Адекватность инвестиционных портфелей проверяют методом «скользящей верификации» (Gercekovich, 2021). Данный метод позволяет найти наиболее эффективное инвестиционное решение в ходе «мониторинга и коррекции структуры инвестиционного портфеля» (Герцекович, 2019; Apergis, 2019; Narayan, 2020). Основой для мониторинга и коррекции инвестиционных стратегий является первоначально сформированный портфель. Очевидно, что ситуация на финансовых рынках периодически изменяется, и некоторые факторы с течением времени теряют свое влияние и должны быть исключены из набора ведущих факторов и заменены более информативными. Эта задача решается с помощью блока регулярного мониторинга и коррекции структуры портфеля. Параметр частота пересмотра портфеля подлежит оптимизации для каждой группы активов (акции, облигации, индексы и др.). В основу алгоритма формирования инвестиционных стратегий положен принцип комбинирования решений. Данный алгоритм при необходимости позволяет последовательно наращивать сложность конструкции системы выбора инвестиционных решений, повысить эффективность инвестиционной деятельности каждого экономического субъекта. Чем сложнее конструкция, тем меньше транзакций, риск и доходность. И, наоборот, чем проще стратегия, тем больше транзакций, риск и, вероятно, больше доходность.

## **2. Апробация цифровой модели ISPI.**

Рассмотрим применение цифровой модели ISPI для принятия эффективных инвестиционных решений на примере PRM. Портфельный анализ будет проводиться по данным о доходностях основных и отраслевых индексов Великобритании, Индии, Китая, США, Франции, Южной Африки за 2014-2021 гг. с шагом в 1 месяц (Ivesting.com, 2022). Формирование инвестиционных портфелей проводилось по данным за 2014-2017 гг. («модельная» выборка), проверка их адекватности проверялась по данным за 2018-2021 гг. («тестовая» выборка). При этом структура портфеля не изменялась на протяжении всего исследования, а комиссионные не учитывались.

Для исследования необходимо вычислить такие базовые критерии теории портфеля, как ожидаемая доходность ( $\text{Max } D_x$ ,  $\text{Min } D_x$ ,  $\text{Avg } D_x$ ), уровень риска ( $\text{Max } R_s$ ,  $\text{Min } R_s$ ,  $\text{Avg } R_s$ ), отношение доходности к риску ( $D_x/R_s$ ). По полученным значениям построим диаграмму рассеяния (где ось абсцисс - уровень риска  $R_s$ , ось ординат – ожидаемая доходность  $D_x$ ). Далее исключим те индексы, для которых  $D_x < 0$ , а затем те индексы, доходность  $D_x$  которых

ниже при равенстве риска или те, у которых риск выше при равенстве доходности (Jeyachitra, 2010; Gersekovich, 2021). Затем для лучших индексов рассчитаем значения параметров  $\text{Max } D_x$ ,  $\text{Min } D_x$ ,  $\text{Avg } D_x$ ,  $\text{Max } R_s$ ,  $\text{Min } R_s$ ,  $\text{Avg } R_s$ ,  $D_x/R_s$ . На основе полученных данных строим диаграмму распределения групп ведущих индексов фондового рынка для каждой страны. Для дальнейшего исследования построим PRM, оценим ее адекватность по коэффициенту детерминации  $R^2$ , и оценим погрешность коэффициентов модели на 95% уровне значимости. Для каждого лучшего индекса рассчитаем оценку доходности, полученную по результатам проверки полученного портфеля по «тестовой» выборке (Markowitz, 1952; Maiti, 2021; Binyan Jiang, 2023).

Построим диаграммы рассеяния для исследования распределения ведущих индексов рассматриваемых стран. Возле каждого индекса представим оценку его доходности (рис. 2). Ведущие индексы каждой страны будем группировать по уровню ожидаемого риска (Scott Musman, 2017; Ramzi Nekhili, 2023). По данным о доходностях и уровнях рисков ведущих индексов каждой страны (Ivesting.com, 2022) построена PRM вида:  $D_x = \alpha \cdot R_s + b$  ( $\alpha$ ,  $b$  – эмпирические коэффициенты) и рассчитаны коэффициенты детерминации  $R^2$ .

По результатам синтеза ведущих индексов каждой из исследуемых стран, инвесторы (в т.ч. и на уровне правительств) могут разрабатывать инвестиционные стратегии. По этим данным инвесторы смогут выявить сектора мировых фондовых рынков, страны и регионы наиболее привлекательные для инвестирования (Nagler, 2023). Для этого необходимо будет решить задачу на поиск глобального оптимума для этих стран. С этой целью объединим ранее сформированные выборки для каждой страны в одну обобщенную, а затем сформируем группы ведущих индексов по этим странам (Chen, 2016; Burger, 2018; Taras Vodnar, 2021). Результаты вычислений представлены в таблице 1.

Анализ индексов интернационального портфеля разделим на три группы (рис. 2):

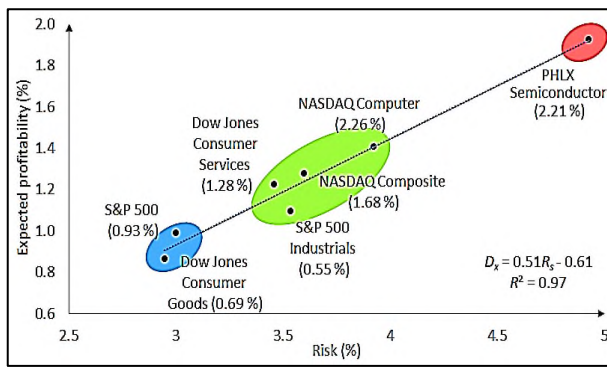
1. Группа инвесторов №1 избегающих риск: Dow Jones Consumer Goods (USA), S&P 500 (USA), Dow Jones Consumer Services (USA), S&P BSE Healthcare (India), FTSE 350 Household Goods (UK), NASDAQ Composite (USA), PHLX Semiconductor (USA).

2. Группа инвесторов №2 с нейтральным отношением к риску: FTSE China Telecommunications (China), SSE Information Technology (China), SZSE Media (China), Telecommunication Services (China), SZSE Conglomerates (China).

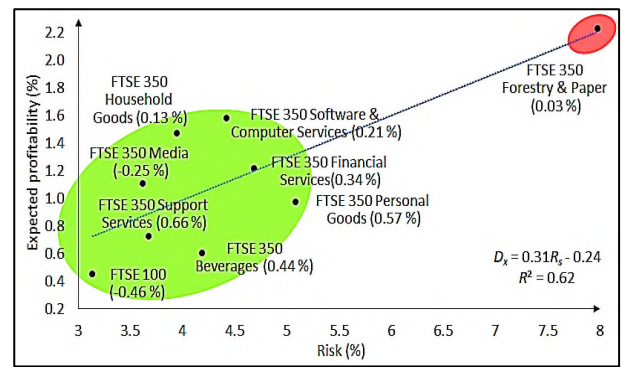
3. Группа инвесторов №3 склонных к риску: SZSE Information Technology (China).

Искомая интернациональная секторальная PRM представлена уравнением:

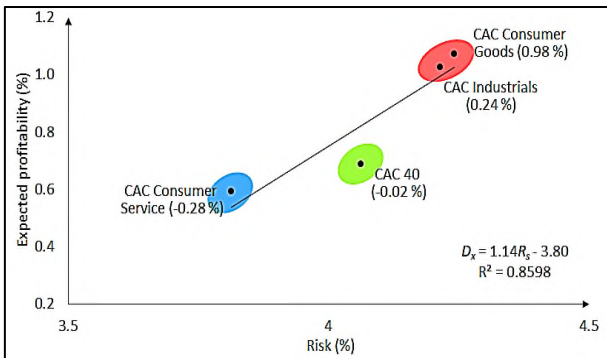
$$D_x = 0.28 \cdot R_s + 0.32 \quad (R^2=0.92)$$



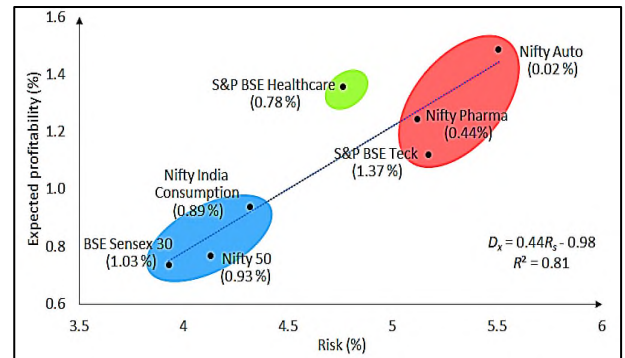
(a)



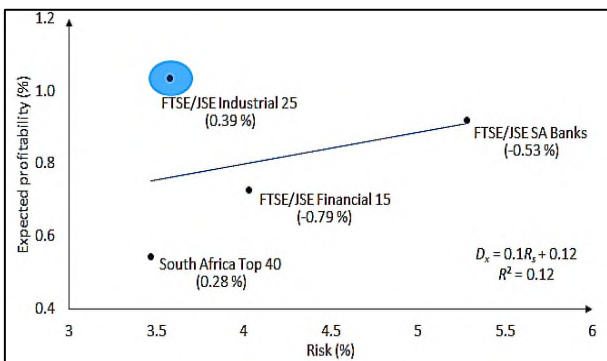
(b)



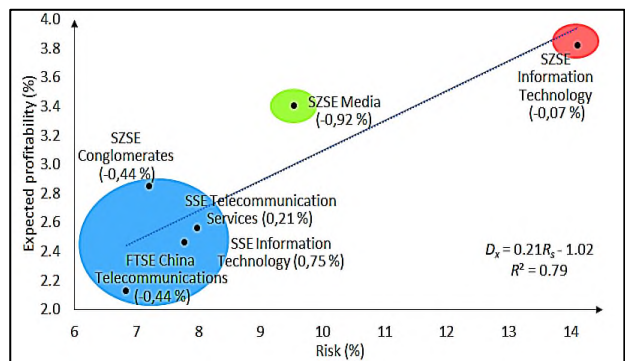
(c)



(d)



(e)



(f)

Рис. 2. Диаграммы рассеяния ведущих индексов фондовых рынков:

(a) USA; (b) UK; (c) France; (d) India; (e) South Africa; (f) China.

● Low risk, ● Medium risk, ● High risk.

Источник: prepared by the authors (Ivesting.com, 2022).

Таблица 1

## Интернациональный портфель

| Ведущие индексы                  | $D_x$      | $R_s$      | $D_x/R_s$   |
|----------------------------------|------------|------------|-------------|
| PHLX Semiconductor; USA          | 1.9        | 4.9        | <b>0.39</b> |
| NASDAQ Composite; USA            | 1.3        | 3.6        | 0.36        |
| Dow Jones Consumer Services; USA | 1.2        | 3.5        | 0.34        |
| S&P 500; USA                     | 1          | 3          | 0.33        |
| Dow Jones Consumer Goods; USA    | <b>0.9</b> | <b>2.9</b> | 0.31        |
| FTSE 350 Household Goods; UK     | 1.5        | 3.9        | 0.38        |

|  |            |             |             |
|--|------------|-------------|-------------|
| S&P BSE Healthcare; India              | 1.4        | 4.8         | 0.29        |
| SZSE Information Technology; China     | <b>3.8</b> | <b>14.1</b> | <b>0.27</b> |
| SZSE Media; China                      | 3.4        | 9.5         | 0.36        |
| SSE Telecommunication Services; China  | 2.6        | 8           | 0.33        |
| SZSE Conglomerates; China              | 2.8        | 7.2         | <b>0.39</b> |
| FTSE China Telecommunications; China   | 2.1        | 6.8         | 0.31        |
| FTSE SSE Information Technology; China | 2.5        | 7.8         | 0.32        |
| Максимальное значение за период        | 3.8        | 14.1        | 0.39        |
| Минимальное значение за период         | 0.9        | 2.9         | 0.27        |
| Среднее: (max-min)/2                   | 2.35       | 8.5         | 0.28        |

Источник: составлено авторами по материалам (Ivesting.com, 2022; Герцекович Д.А., 2021a)

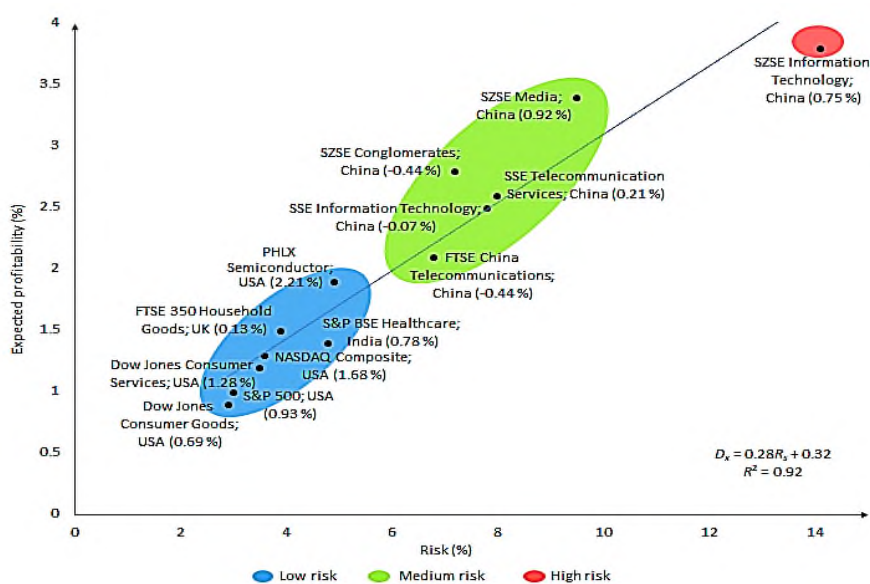


Рис. 3. Диаграмма рассеяния для интернациональной группы ведущих индексов.

Источник: построено авторами по данным Ivesting.com, 2022.

Интернациональный портфель состоит из 6 индексов Китая, 5 индексов США, 1 индекса Великобритании и 1 индекса Индии. Индексы Китая, отражающие динамику его передовых секторов, расположены на диаграмме рассеяния справа вверху, индексы США – слева в нижней части диаграммы (рис. 3). Для всех тринадцати индексов интернационального портфеля  $Avg(D_x)=0.52\%$ . Статистически доказано, что группа инвесторов №1 избегающих риск, в условиях значительного спада практически всех национальных экономик, показывала хороший результат: 1.1%.

Преимущества синтезированного интернационального портфеля (Burger, 2018; Pilipenko, 2019; Apergis, 2019; Narayan, 2020; Reilly, 2020; Takuya Okabe, 2022):

- портфель представлен широким спектром секторов мировой экономики;

- значительное снижение взаимной корреляции доходностей по индексам, входящим в него;
- активы, соответствующие исследуемым индексам, котируются в разных валютах, что сокращает риск потери средств;
- в портфель входят два основных индекса: NASDAQ Composite (США) и S&P 500 (США), которые способствуют снижению рисков портфеля.

Для построения межнациональной (межгосударственной) системы инвестиционной предпочтительности по каждой стране и/или по интернациональному портфелю рассчитаем следующие показатели: ожидаемая доходность ( $Max D_x$ ,  $Min D_x$ ,  $Avg D_x$ ), уровень риска ( $Max R_s$ ,  $Min R_s$ ,  $Avg R_s$ ), угол наклона прямой PRM ( $\alpha$ ), отношение доходности к риску ( $D_x/R_s$ ) (табл. 2).

Таблица 2

Система ранжирования инвестиционной привлекательности межнациональных направлений инвестирования

| Страна                     | Max $D_x$  | Min $D_x$  | Avg $D_x$   | Max $R_s$   | Min $R_s$  | Avg $R_s$    | $\alpha$    | $D_x/R_s$   |
|----------------------------|------------|------------|-------------|-------------|------------|--------------|-------------|-------------|
| США                        | 1,9        | 0,9        | 1,4         | <b>4,9</b>  | <b>2,9</b> | <b>3,9</b>   | 0,51        | 0,36        |
| Великобритания             | 2,2        | <b>0,4</b> | 1,3         | 8,0         | 3,1        | 5,55         | 0,31        | 0,23        |
| Франция                    | 1,1        | 0,6        | 0,85        | 4,2         | 3,8        | 4,0          | <b>1,14</b> | 0,21        |
| Индия                      | 1,5        | 0,8        | 1,15        | 5,5         | 4,1        | 4,8          | 0,42        | 0,24        |
| Южная Африка               | <b>1,0</b> | 0,5        | <b>0,75</b> | 5,3         | 3,5        | 4,4          | 0,10        | <b>0,17</b> |
| Китай                      | <b>3,8</b> | <b>2,1</b> | <b>2,95</b> | <b>14,1</b> | <b>6,8</b> | <b>10,45</b> | <b>0,20</b> | 0,28        |
| Интернациональный портфель | <b>3,8</b> | 0,9        | 2,35        | <b>14,1</b> | <b>2,9</b> | 5,9          | 0,33        | <b>0,40</b> |
| Максимальное значение      | 3,8        | 2,1        | 2,95        | 14,1        | 6,8        | 10,45        | 1,14        | 0,40        |
| Минимальное значение       | 1,0        | 0,4        | 0,75        | 4,9         | 2,9        | 3,9          | 0,20        | 0,17        |

Источник: составлено авторами по материалам (Investing.com, 2022; Герцекович Д.А., 2021а)

Из таблицы 2 следует, что синтезированный интернациональный портфель по доходности и риску делит лидерство с Китаем. На нижних границах доходности и риска интернациональный портфель имеет значительное преимущество по сравнению не только с Китаем, но и с другими исследуемыми странами. Это следует из высокого значения параметра  $D_x/R_s=0.40$ , а на диаграмме рассеивания интернациональный портфель находится значительно выше линии тренда (рис. 4).

По уровню инвестиционного риска исследуемые страны можно разделить на три группы: 1) страны с низким уровнем риска - Южная Африка, Франция, Индия, Великобритания и США; 2) страны с нейтральным уровнем риска - интернациональный

портфель; 3) страны с высоким уровнем инвестиционного риска и высокой ожидаемой доходностью – Китай.

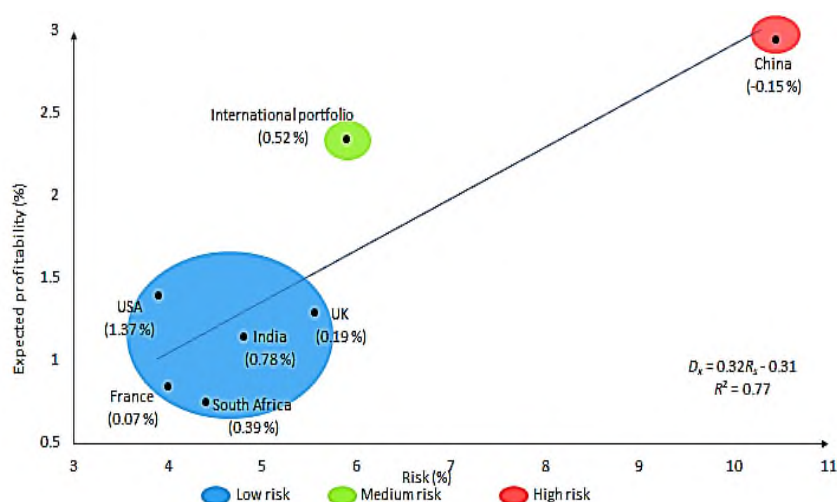


Рис. 4. Межнациональная взаимозависимость риска и доходности

Источник: построено авторами по данным Investing.com, 2022.

Угол наклона прямой PRM позволяет получить количественную оценку взаимозависимости между параметрами доходности и риска для фондового рынка страны. Так, угол наклона  $\alpha=0,51$  уравнения по фондовому рынку США говорит, что увеличение риска на 2% соответствует увеличению доходности на 1%. По углу наклона прямой PRM Францию и Индию можно отнести к группе стран с достаточно стабильной и зрелой экономикой. Однако, если проводить параллельно дифференциацию портфелей и по параметру  $D_x/R_s$ , то становится очевидна неоднородность рассматриваемой группы (табл. 2). Это подтверждают результаты оценки адекватности инвестиционных портфелей по данным официальных источников (рис. 4).

Если объединить Великобританию и интернациональный портфель в одну группу, то параметр  $D_x:R_s = 1:3$ . Оценки портфелей этих стран по фактическим данным показывают похожие значения.

Китай и Южная Африка показывают высокий разброс по таким параметрам, как риск и  $D_x/R_s$ . Сравнение полученных результатов с фактическими данными официальных источников подтверждают данный факт.

Анализируя интернациональный портфель по уровню ожидаемого риска, можно увидеть высокую степень дифференциации экономик США и Китая. Результаты исследования анализируемых стратегий показали, что в пределах ближайшего инвестиционного горизонта от этих экономик не следует ожидать близких по качеству

инвестиционных итогов. Продвинутый инвестор скорее всего выберет фондовый рынок США в качестве наиболее привлекательного объекта для инвестирования.

Уравнение PRM мирового фондового рынка в целом будет иметь вид:

$$D_x = 0.33 \cdot R_s - 0.35 \quad (R^2 = 0.75)$$

$Avg(D_x/R_s) = 1/3$  означает, что увеличение прибыли на 1% может привести к увеличению риска на 3%.

Для построения требуемой стратегии, необходимо сначала провести исследование внутреннего фондового рынка. Для этого сначала следует определить наиболее привлекательные сегменты внутреннего рынка страны, которые показывают опережающие темпы развития на определенном временном промежутке (Maiti, 2021). Исследование также можно провести с использованием обыкновенных и привилегированных акций национального фондового рынка, государственных и корпоративных облигаций, биржевых инвестиционных фондов, фондов недвижимости и др. При этом так же необходимо отслеживать рынок основных мировых валют. Анализ мировых фондовых, основных, сырьевых, отраслевых, облигационных индексов так же может стать дополнительным источником данных об ожидаемых движениях основных финансовых инструментов (Burger, 2018; Герцекович, 2019; Apergis, 2019; Pilipenko, 2019; Narayan, 2020). Кроме того, индексный анализ рынка сырья с использованием PRM, поможет в оценке перспектив развития страны (рис. 5).

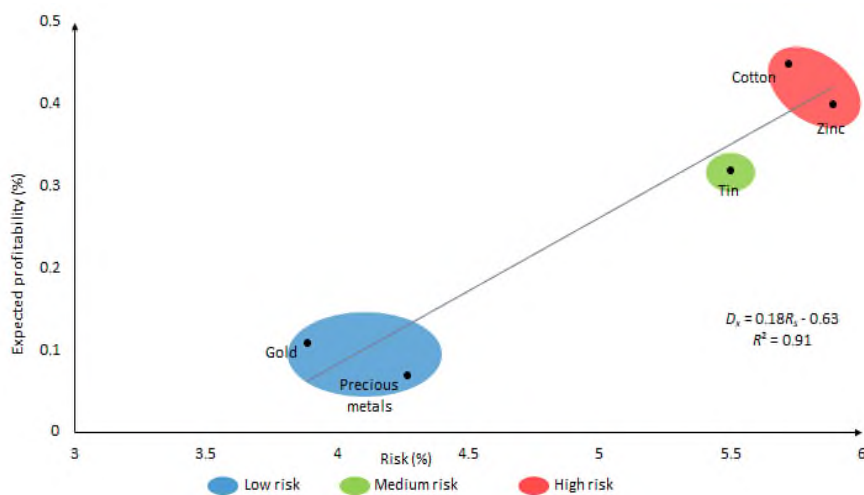


Рис. 5. Группа сырьевых лидеров.

Источник: построено авторами по данным Ivesting.com, 2022.

Уравнение построенной PRM мирового рынка сырья имеет следующий вид:

$$D_x = 0.183 \cdot R_s - 0.63 \quad (R^2 = 0.91)$$

Исследуя полученные результаты мирового рынка сырья (рис. 5), можно предположить, что активные игроки данного рынка получают определенные выгоды от экономических сделок. Например, Китай – от экспорта текстиля; Россия - на рынке золота; Бразилия – на рынке олова, Индии и Южной Африки – на рынке драгметаллов и т.п.

### **Результаты и обсуждения**

Очевидно, что от принятия того или иного инвестиционного решения на уровне руководителей и государств зависит развитие не только какого-либо экономического субъекта, но всей страны. Предложенная в работе цифровая модель принятия инвестиционных решений ISPI способна оказать существенную помощь в принятии такого рода решений.

Для апробации данной модели были проведены исследования по данным о доходностях основных и отраслевых индексов Великобритании, Индии, Китая, США, Франции, Южной Африки за 2014-2021 гг. (Investing.com, 2022). По результатам проведенного исследования были определены ведущие сектора национальных экономик и выявлены наиболее привлекательные направления инвестирования. Построенные диаграммы распределения экономик данных стран по таким параметрам, как ожидаемая доходность и уровень риска, позволили проранжировать эти страны по их инвестиционной предпочтительности. В работе так же была проведена дифференциация ведущих секторов экономики рассматриваемых стран по уровню риска инвестирования. По результатам исследования можно рекомендовать выбор интернационального портфеля. Этот вывод объясняется существенными преимуществами международной диверсификации портфеля (Apergis, 2019; Reilly, 2020; Narayan, 2020). Анализ синтезированных ведущих секторов экономики данных стран, позволяет определить существенные структурные отличия между ними. Например, в группе ведущих индексов Китая, подавляющее число направлений относится к наиболее быстро развивающемуся сектору современной экономики – информационным технологиям.

Невысокое значение угла наклона  $\alpha$  модели Южной Африки показывает высокий уровень риска инвестирования, т.е. увеличение прибыли на 1% приведет к увеличению риска в 10 раз. Сильный разброс значений  $Dx/Rs$  ведущих индексов страны указывает так же и на проблемы в экономике.

Сравнение углов наклона прямых моделей PRM Индии и Южной Африки показывает существенные различия в экономиках этих стран. Экономика Индии представлена значительно большим числом ведущих отраслей и показывает высокие и стабильные темпы развития. Поэтому уровень риска инвестирования в экономику Индии значительно ниже, чем в экономику Южной Африки.



Анализ индексов мирового фондового рынка и фондового рынка США можно представить в виде двухуровневой инвестиционной стратегии. Выбранные на этапе верификации стратегии показывают адекватные на практике результаты. При необходимости синтезированную стратегию можно дополнить блоком «анализ сырьевых ресурсов».

Значительно улучшить эффективность эксплуатации синтезированных инвестиционных стратегий возможно, учитывая особенностей каждой стратегии, входящей в группу стратегий и более адекватного применения международной диверсификации, учитывая фактор старения информации.

### **Заключение**

В статье описана разработанная авторами цифровая модель ISPI. Она позволяет формировать гибкие инвестиционные стратегии и принимать эффективные инвестиционные решения не только на уровне отдельно взятого региона, но и страны в целом. При этом инвестиции можно проводить с различным уровнем допустимого риска. В результате применения модели ISPI было установлено, что она позволяет не только формировать эффективные системы принятия инвестиционных решений на уровне правительств и государств, но и определять наиболее привлекательные сектора внутренних и мировых рынков экономики для инвестирования. Кроме того, модель ISPI необходима для выявления и исследования отсталых секторов экономики и регионов внутреннего рынка страны с целью принятия решения о развитии данных экономических субъектов. Анализ сырьевого рынка того или иного региона страны способен существенно дополнить полученные результаты и более детально оценить ближайшие перспективы развития экономики региона.

Апробация модели ISPI выполнена на большой группе финансовых инструментов: акциях, облигациях, индексах (фондовых, сырьевых, отраслевых, облигационных), биржевых товарах, фондах (недвижимости, биржевых инвестиционных). Апробация адекватности цифровой модели ISPI проводилось на статистических данных за 2014-2017 гг. на выбранной группе стран и проверялась по данным за 2018-2021 гг. Полученные результаты подтверждают, что данную модель можно распространить и на произвольные временные промежутки, а исследования проводить на других странах и регионах.

### **Благодарности**

Авторы статьи благодарят Давида Арташевича Герцеговича за помощь в написании данной статьи.

### **Acknowledgements**

The authors of the article thank David Artashevich Hercegovich for his assistance in writing this article.

### Список литературы

- Apergis, N., Hayat, T. & Saeed, T. (2019) The Role of Happiness in Financial Decisions: Evidence from Financial Portfolio Choice and Five European Countries // *Atl Econ J.*, Vol. 47, P. 343-360. <https://doi.org/10.1007/s11293-019-09629-2>
- Binyan Jiang, Cheng Liu, Cheng Yong Tang. (2023) Dynamic Covariance Matrix Estimation and Portfolio Analysis with High-Frequency Data // *Journal of Financial Econometrics*, nbad003. <https://doi.org/10.1093/jfinec/nbad003>
- Burger, J.D., Warnock, F.E., & Warnock, V.C. (2018) Benchmarking Portfolio Flows // *IMF Econ Rev*, Vol. 66, P. 527–563. <https://doi.org/10.1057/s41308-018-0062-8>
- Chen, J.M. (2016) Modern Portfolio Theory. In: *Postmodern Portfolio Theory. Quantitative Perspectives on Behavioral Economics and Finance*. New York: Palgrave Macmillan [https://doi.org/10.1057/978-1-137-54464-3\\_2](https://doi.org/10.1057/978-1-137-54464-3_2)
- Dantzig, G.B. (1963) *Linear Programming and Extensions* Princeton. N.J.: Princeton Univ. Press
- Gandolfo, G. (2016) Portfolio and Macroeconomic Equilibrium in an Open Economy. In: *International Finance and Open-Economy Macroeconomics*. Springer Texts in Business and Economics. Berlin, Heidelberg: Springer, P. 265-310. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-49862-0\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-662-49862-0_13)
- Герцекович Д.А. (2017) Формирование оптимального инвестиционного портфеля по комплексу эффективных портфелей // *Вестник Московского Университета. Серия: Экономика*. Вып. 5. С. 86-101.
- Герцекович Д.А., Бабушкин Р.В. (2019) Динамический портфельный анализ мировых фондовых индексов. // *Мир экономики и управления*. Т.19. №4. С. 14-30
- Герцекович Д.А., Подлиняев О.Л., Чумак Н.А., Ларин С.Н. (2021а) Формирование интегрированной системы инвестиционных стратегий на основе использования основных и отраслевых индексов фондового рынка развитых и развивающихся стран // *Экономика и предпринимательство*. № 7(132). С. 41-46 DOI: 10.34925/EIP.2021.132.7.004
- Gercekovich D.A, Gorbachevskaya E.Yu., Shilnikova I.S. (2021b) Identification of basic criteria of portfolio analysis based on the rolling verification principle. Conference: 1st International Workshop on AICTS, P. 57-63. Doi: 10.47350/AICTS.2020.06.
- Graham B. (2018) *The Intelligent Investor*. New York: HarperCollins Publishers.
- Investing.com – котировки и финансовые новости. URL: <https://www.investing.com>, accessed on 30 September 2022

- Jeyachitra, A., Selvam, M., & Gayathri, J. (2010) Portfolio Risk and Return Relationship - An Empirical Study // *Asia-Pacific Journal of Management Research and Innovation*, Vol. 6, Iss.4. <https://doi.org/10.1177/097324701000600406>
- Haan, M.A., Hauck, D. (2023) Games with possibly naive present-biased players // *Theory Decis.* <https://doi.org/10.1007/s11238-023-09924-0>
- Канторович Л.В. (1959) Экономический расчет наилучшего использования ресурсов. М.: АН СССР
- Maiti, M. (2021). Efficient Frontier and Portfolio Optimization. In: Applied Financial Econometrics. Singapore: Palgrave Macmillan. [https://doi.org/10.1007/978-981-16-4063-6\\_4](https://doi.org/10.1007/978-981-16-4063-6_4)
- Makbule Kandakoglu, Grit Walther, & Sarah Ben Amor (2022) A robust multicriteria clustering methodology for portfolio decision analysis // *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 174, 108803 <https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108803>
- Markowitz, H.M. (1952) Portfolio selection // *Journal of Finance*, Vol. 7, No 1, P. 77-91.
- Meunier, L. & Ohadi, S. (2023) When are two portfolios better than one? A prospect theory approach // *Theory Decis*, Vol. 94, P. 503-538. <https://doi.org/10.1007/s11238-022-09901-z>
- Narayan, S., & Rehman M.U. (2020) International portfolio strategies and opportunities: the case of the U.S., Japan and Asia // *Financ Res Lett*, Vol. 37, 101358. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2019.101358>
- Nagler, M.G. (2023) Thoughts matter: a theory of motivated preference // *Theory Decis*, Vol. 94, P. 211–247. <https://doi.org/10.1007/s11238-022-09891-y>
- Pilipenko A.I., Dikhtiar V.I. & Baranova N.M. (2019) ‘Financial stability’ safeguarding: modelling the Russian budgetary policy // *Int. J. Economic Policy in Emerging Economies*, Vol. 12, No.1, P. 85-99
- Ramzi Nekhili, Elie Bouri (2023) Higher-order moments and co-moments' contribution to spillover analysis and portfolio risk management // *Energy Economics*, Vol. 119, 106596 <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2023.106596>
- Reilly, Frank K. (2000) Investment analysis and portfolio management / Frank K. Reilly, Keith C. Brown, 6th ed. Singapore [etc.]: South-Western/Thomson learning. ISBN 0-03-025809-X
- Samuel R. Kaplan (2015) Portfolio Analysis for Vector Calculus // *PRIMUS*, Vol. 25, Iss. 1, P. 31-40. <https://doi.org/10.1080/10511970.2014.899533>
- Scott Musman and Andrew Turner (2017) A game theoretic approach to cyber security risk management // *The Journal of Defense Modeling and Simulation: Applications, Methodology, Technology*, Vol. 15, Iss. 2. <https://doi.org/10.1177/1548512917699724>
- Takuya Okabe, Jin Yoshimura (2022) A new long-term measure of sustainable growth under uncertainty // *PNAS Nexus*, Vol. 1, Iss. 5, pgac228. <https://doi.org/10.1093/pnasnexus/pgac228>

Taras Bodnar, Nestor Parolya & Wolfgang Schmid (2021) Bayesian mean–variance analysis: optimal portfolio selection under parameter uncertainty // *Quantitative Finance*, Vol. 21, Iss. 2, P. 221-242 <https://doi.org/10.1080/14697688.2020.1748214>

Tsay R., Chen R. (2019). *Nonlinear Time Series Analysis*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons

### References

Apergis, N., Hayat, T. & Saeed, T. (2019) The Role of Happiness in Financial Decisions: Evidence from Financial Portfolio Choice and Five European Countries // *Atl Econ J.*, Vol. 47, P. 343-360. <https://doi.org/10.1007/s11293-019-09629-2>

Binyan Jiang, Cheng Liu, Cheng Yong Tang (2023) Dynamic Covariance Matrix Estimation and Portfolio Analysis with High-Frequency Data // *Journal of Financial Econometrics*, nbad003. <https://doi.org/10.1093/jfinec/nbad003>

Burger, J.D., Warnock, F.E., & Warnock, V.C. (2018) Benchmarking Portfolio Flows // *IMF Econ Rev*, Vol. 66, P. 527–563. <https://doi.org/10.1057/s41308-018-0062-8>

Chen, J.M. (2016) Modern Portfolio Theory. In: *Postmodern Portfolio Theory. Quantitative Perspectives on Behavioral Economics and Finance*. New York: Palgrave Macmillan [https://doi.org/10.1057/978-1-137-54464-3\\_2](https://doi.org/10.1057/978-1-137-54464-3_2)

Dantzig, G.B. (1963) *Linear Programming and Extensions* Princeton. N.J.: Princeton Univ. Press

Gandolfo, G. (2016) Portfolio and Macroeconomic Equilibrium in an Open Economy. In: *International Finance and Open-Economy Macroeconomics*. Springer Texts in Business and Economics. Berlin, Heidelberg: Springer, P. 265-310. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-49862-0\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-662-49862-0_13)

Gercekovich D.A (2017) Construction of optimal investment portfolio based on efficient portfolios complex // *Moscow University Economics Bulletin*, Iss. 5, P. 86-101. (In Russ.).

Gercekovich, D.A, & Babushkin, R.V. (2019) Dynamic portfolio analysis of stock indices // *The world of economy and management*, Vol. 19, No 4, P. 14-30. (In Russ.).

Gertsekovich D.A., Podlinyaev O.L., Chumak N.A., Larin S.N. (2021a) Formation of an integrated system of investment strategies based on the use of basic and sectoral stock market indices developed and developing countries // *Journal of Economy and entrepreneurship*, Vol. 15, No. 7. P. 41-46 DOI: 10.34925/EIP.2021.132.7.004. (In Russ.).

Gercekovich D.A, Gorbachevskaya E.Yu., Shilnikova I.S. (2021b) Identification of basic criteria of portfolio analysis based on the rolling verification principle. Conference: 1st International Workshop on AICTS, P. 57-63. Doi: 10.47350/AICTS.2020.06.

Graham B. (2018) *The Intelligent Investor*. New York: HarperCollins Publishers.

Investing.com – quotes and financial news. URL: <https://www.investing.com>, accessed on 30 September 2022

- Jeyachitra, A., Selvam, M., & Gayathri, J. (2010) Portfolio Risk and Return Relationship - An Empirical Study // *Asia-Pacific Journal of Management Research and Innovation*, Vol. 6, Iss.4. <https://doi.org/10.1177/097324701000600406>
- Haan, M.A., Hauck, D. (2023) Games with possibly naive present-biased players // *Theory Decis.* <https://doi.org/10.1007/s11238-023-09924-0>
- Kantorovich L.V. (1959) Economic calculation of the best use of resources. M.: USSR Academy of Sciences. (In Russ.).
- Maiti, M. (2021). Efficient Frontier and Portfolio Optimization. In: Applied Financial Econometrics. Singapore: Palgrave Macmillan. [https://doi.org/10.1007/978-981-16-4063-6\\_4](https://doi.org/10.1007/978-981-16-4063-6_4)
- Makbule Kandakoglu, Grit Walther, & Sarah Ben Amor (2022) A robust multicriteria clustering methodology for portfolio decision analysis // *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 174, 108803 <https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108803>
- Markowitz, H.M. (1952) Portfolio selection // *Journal of Finance*, Vol. 7, No 1, P. 77-91.
- Meunier, L. & Ohadi, S. (2023) When are two portfolios better than one? A prospect theory approach // *Theory Decis*, Vol. 94, P. 503-538. <https://doi.org/10.1007/s11238-022-09901-z>
- Narayan, S., & Rehman M.U. (2020) International portfolio strategies and opportunities: the case of the U.S., Japan and Asia // *Financ Res Lett*, Vol. 37, 101358. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2019.101358>
- Nagler, M.G. (2023) Thoughts matter: a theory of motivated preference // *Theory Decis*, Vol. 94, P. 211–247. <https://doi.org/10.1007/s11238-022-09891-y>
- Pilipenko A.I., Dikhtiar V.I. & Baranova N.M. (2019) ‘Financial stability’ safeguarding: modelling the Russian budgetary policy // *Int. J. Economic Policy in Emerging Economies*, Vol. 12, No.1, P. 85-99
- Ramzi Nekhili, Elie Bouri (2023) Higher-order moments and co-moments' contribution to spillover analysis and portfolio risk management // *Energy Economics*, Vol. 119, 106596 <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2023.106596>
- Reilly, Frank K. (2000) Investment analysis and portfolio management / Frank K. Reilly, Keith C. Brown, 6th ed. Singapore [etc.]: South-Western/Thomson learning. ISBN 0-03-025809-X
- Samuel R. Kaplan (2015) Portfolio Analysis for Vector Calculus // *PRIMUS*, Vol. 25, Iss. 1, P. 31-40. <https://doi.org/10.1080/10511970.2014.899533>
- Scott Musman and Andrew Turner (2017) A game theoretic approach to cyber security risk management // *The Journal of Defense Modeling and Simulation: Applications, Methodology, Technology*, Vol. 15, Iss. 2. <https://doi.org/10.1177/1548512917699724>
- Takuya Okabe, Jin Yoshimura (2022) A new long-term measure of sustainable growth under uncertainty // *PNAS Nexus*, Vol. 1, Iss. 5, pgac228. <https://doi.org/10.1093/pnasnexus/pgac228>

Taras Bodnar, Nestor Parolya & Wolfgang Schmid (2021) Bayesian mean–variance analysis: optimal portfolio selection under parameter uncertainty // *Quantitative Finance*, Vol. 21, Iss. 2, P. 221-242 <https://doi.org/10.1080/14697688.2020.1748214>

Tsay R., Chen R. (2019). *Nonlinear Time Series Analysis*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons