

JOURNAL

of Applied Economic
Research

Vol. **23** No. 1
2024

Journal of Applied Economic Research

Том 23, № 1

2024

Vol. 23, No. 1

Научно-аналитический журнал
Выходит 4 раза в год
Основан в 2002 г.

Scientific and Analytical Journal
Published 4 times per year
Founded in 2002

Учредитель и издатель журнала

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина»
 (620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19)

Founder and publisher

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin
 (19 Mira St., 620002, Ekaterinburg, Russian Federation)

Адрес редакции

620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19, а/я 10
 Тел. +7 (343) 375-97-20
 E-mail: vestnikurfu@yandex.ru
 WEB-SITE: journalaer.ru

Contact information

19 Mira St., 620002, Ekaterinburg, Russian Federation
 Phone +7 (343) 375-97-20
 E-mail: vestnikurfu@yandex.ru
 WEB-SITE: journalaer.ru

Сетевое издание зарегистрировано в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).
 Свидетельство о регистрации средства массовой информации Эл № ФС77-78058 от 13 марта 2020 г.

The Journal is registered by the Federal Service for Supervision in the Sphere of Telecom, Information Technologies and Mass Communications (Roskomnadzor).
 Registration Certificate Эл № ФС77-78058 from March 13, 2020

В период 2002–2010 гг. журнал выходил с названием «**Вестник УГТУ–УПИ. Серия экономика и управление**»
 В период 2011–2019 гг. журнал выходил с названием «**Вестник УрФУ. Серия экономика и управление**»

In 2002–2010, it was published under the name: «**Bulletin of Ural State Technical University. Series Economics and Management**»
 In 2011–2019, it was published under the name: «**Bulletin of Ural Federal University. Series Economics and Management**»

Журнал рекомендован ВАК России для опубликования основных научных результатов диссертаций на соискание ученой степени доктора экономических наук

Approved by the Higher Attestation Commission of the Ministry of Education and Science of Russia for publishing key research findings of PhD and Doctoral dissertations in economics

Журнал включен в Russian Science Citation Index (RSCI) на платформе Web of Science

Included in Russian Science Citation Index (RSCI) on Web of Science Platform

Журнал включен в ядро Российского индекса научного цитирования (РИНЦ)

Included in the core of the Russian Science Citation Index

Главной целью журнала является публикация оригинальных экономических исследований отечественных и зарубежных ученых с понятной исследовательской методологией и результатами, имеющими прикладной экономический характер

The main goal of the journal is to publish original economic research of domestic and foreign scientists with a clear research methodology and results that have an applied economic nature

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ ЖУРНАЛА

Главный редактор

МАЙБУРОВ Игорь Анатольевич (д-р экон. наук, проф., Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия)

Заведующий редакцией

КАЛИНА Алексей Владимирович (канд. техн. наук, доц., Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия)

Члены редакционной коллегии

БАЛАЦКИЙ Евгений Всеволодович (д-р экон. наук, проф., Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, г. Москва, Россия)

БЕЛОВ Андрей Васильевич (д-р экон. наук, проф., Университет префектуры Фукуи, г. Фукуи, Япония)

ВИСМЕТ Ханс Михаэль (PhD, проф., Дрезденский технический университет, г. Дрезден, Германия)

ГРИНБЕРГ Руслан Семенович (чл.-корр. РАН, д-р экон. наук, проф., Институт экономики РАН, г. Москва, Россия)

КАДОЧНИКОВ Сергей Михайлович (д-р экон. наук, проф., Высшая школа экономики, г. Санкт-Петербург, Россия)

КАУФМАНН Ханс Рудигер (PhD, проф., Высшая школа менеджмента, г. Манхайм, Германия; Университет Никосии, г. Никосия, Кипр)

КЛЕЙНЕР Георгий Борисович (чл.-корр. РАН, д-р экон. наук, проф., Центральный экономико-математический институт РАН, г. Москва, Россия)

КИРЕЕВА Елена Федоровна (д-р экон. наук, проф., Белорусский государственный экономический университет, г. Минск, Беларусь)

КРИВОРОТОВ Вадим Васильевич (д-р экон. наук, проф., Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия)

ЛАВРИКОВА Юлия Георгиевна (д-р экон. наук, проф., Институт экономики УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия)

МАГАРИЛ Елена Роменовна (д-р техн. наук, проф., Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия)

МУЛЕЙ Матиаж (д-р экон. наук, проф., Университет Марибора, г. Марибор, Словения)

ПОПОВ Евгений Васильевич (чл.-корр. РАН, д-р экон. наук, д-р физ.-мат. наук, проф., Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ, г. Екатеринбург, Россия)

ТОЛМАЧЕВ Дмитрий Евгеньевич (канд. экон. наук, доц., Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия)

ФАНЬ Юн (PhD, проф., Центральный университет экономики и финансов, г. Пекин, Китай)

ШАСТИТКО Андрей Евгеньевич (д-р экон. наук, проф., Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, г. Москва, Россия)

Journal of Applied Economic Research

Tom 23, № 1

2024

Vol. 23, No. 1

EDITORIAL BOARD

Editor-in-Chief

Igor A. MAYBUROV, Doctor of Economics, Professor, Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

Head of the Publishing Office

Alexei V. KALINA, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

Members of Editorial Board

Evgeny V. BALATSKY, Doctor of Economics, Professor, The Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russia

Andrey V. BELOV, Doctor of Economics, Professor, Fukui Prefectural University, Fukui, Japan

Yong FAN, PhD, Professor, Central University of Finance and Economics, Beijing, China

Ruslan S. GRINBERG, Corresponding Member of RAS, Doctor of Economics, Professor, Institute of Economics of RAS, Moscow, Russia

Sergei M. KADOCHNIKOV, Doctor of Economics, Professor, Higher School of Economics, Saint Petersburg, Russia

Hans R. KAUFMANN, PhD, Professor, Higher School of Management, Mannheim, Germany; University of Nicosia, Nicosia, Cyprus

Elena F. KIREEVA, Doctor of Economics, Professor, Belarus State Economic University, Minsk, Belarus

Georgy B. KLEYNER, Corresponding Member of RAS, Doctor of Economics, Professor, Central Economics and Mathematical Institute RAS, Moscow, Russia

Vadim V. KRIVOROTOV, Doctor of Economics, Professor, Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

Yulia G. LAVRIKOVA, Doctor of Economics, Professor, Institute of Economics, Ural Branch of RAS, Ekaterinburg, Russia

Elena R. MAGARIL, Doctor of Technical Sciences, Professor, Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

Matjaz MULEJ, Doctor of Economics, Professor, University of Maribor, Maribor, Slovenia

Evgeny V. POPOV, Corresponding Member of RAS, Doctor of Economics, Doctor of Physics and Mathematics, Professor, The Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Ekaterinburg, Russia

Andrei E. SHASTITKO, Doctor of Economics, Professor, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Dmitry E. TOLMACHEV, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

Hans M. WIESMETH, PhD, Professor, Technical University of Dresden, Dresden, Germany

Содержание

MACROECONOMIC APPLIED RESEARCH

Межстрановое исследование спроса на импорт полезных ископаемых и ветроэнергетики: эмпирические данные ведущих импортеров полезных ископаемых <i>Мд. Монирул Ислам</i>	6
Спрос на здоровье: эмпирическая проверка модели Майкла Гроссмана на российских данных <i>О. Н. Волкова, А. Н. Волкова</i>	33
Разрешение конфликтов и укрепление международных отношений с инвестициями: подход теории игр <i>Салах Салимьян, Азаде Аирафи</i>	59
Измерение качества жизни населения при стохастическом выборе весов взвешенной главной компоненты <i>А. А. Мироненков, А. Н. Курбацкий, М. В. Мироненкова</i>	82

MESOECONOMIC APPLIED RESEARCH

Динамическая связь между криптовалютами и обычными финансовыми активами: новые выводы с российского финансового рынка <i>Мирзат Улла</i>	110
Анализ долгосрочных и краткосрочных взаимосвязей между электропотреблением и экономическим ростом в промышленно развитых регионах России <i>М. Б. Петров, Л. А. Серков</i>	136
Оценка турбулентности отраслевой среды машиностроительного комплекса России <i>Е. Д. Вайсман, Т. Ю. Железнова</i>	159

MICROECONOMIC APPLIED RESEARCH

Анализ чувствительности показателей рыночной активности корпорации при нейтральном подходе к дивидендной политике <i>С. И. Крылов</i>	180
Прогноз дефолта для российских предприятий общественного питания: вклад нефинансовых факторов и машинного обучения <i>Е. О. Бухарин, С. И. Мангилева, В. В. Афанасьев</i>	206
Моделирование влияния компетенций сотрудника на его результативность с учетом выгорания <i>Л. С. Мазелис, Г. В. Гренкин, К. И. Лавренко</i>	227

Contents

MACROECONOMIC APPLIED RESEARCH

A Cross-Country Examination of Mineral Import Demand and Wind Energy Generation: Empirical Insights from Leading Mineral Importers

Md. Monirul Islam6

Empirical Testing of Grossman's the Demand for Health Model: The Case of Russia

Olga N. Volkova, Aleksandra N. Volkova33

Resolving Conflicts and Strengthening International Relations with Investment: Game Theory Approach

Salah Salimian, Azadeh Ashrafi59

The Quality-of-Life Measurement with a Stochastic Choice of Parameters of the Weighted Principal Component

Alexey A. Mironenkov, Alexey N. Kurbatskii, Marina V. Mironenkova82

MESOECONOMIC APPLIED RESEARCH

Dynamic Connectedness between Crypto and Conventional Financial Assets: Novel Findings from Russian Financial Market

Mirzat Ullah110

Analysis of Long-Term and Short-Term Relationships between Electricity Consumption and Economic Growth in Industrialized Regions of Russia

Mikhail B. Petrov, Leonid A. Serkov136

Assessment of Turbulence in the Industrial Environment of the Russian Machine-Building Complex

Elena D. Vaisman, Tatyana Yu. Zheleznova159

MICROECONOMIC APPLIED RESEARCH

Analysis of the Sensitivity of the Corporation's Market Activity Indicators with a Neutral Approach to the Dividend Policy

Sergey I. Krylov180

Default Prediction for Russian Food Service Firms: Contribution of Non-Financial Factors and Machine Learning

Egor O. Bukharin, Sofia I. Mangileva, Vladislav V. Afanasev206

Model of the Influence of Employee Competencies on Performance Considering Burnout

Lev S. Mazelis, Gleb V. Grenkin, Kirill I. Lavrenyuk227

A Cross-Country Examination of Mineral Import Demand and Wind Energy Generation: Empirical Insights from Leading Mineral Importers

Md. Monirul Islam  

*Ural Federal University
named after the First President of Russia B. N. Yeltsin,
Yekaterinburg, Russia*

*University of Dhaka,
Dhaka, Bangladesh*

 monirul.islam@bigm.edu.bd

Abstract. The relevance of this research lies in the utilization of mineral goods as critical industrial inputs for the manufacture of renewable energy machinery, which has sparked an increase in demand and prices for essential minerals. The purpose of the study is to examine the import-demand function for metallic mineral goods by applying the quantiles via moments (MM-QR) approach, considering the potential heterogeneity across the sample of the top 5 mineral-consuming (importing) nations. The dataset, covering the years 1996–2021, is analysed to test the hypothesis regarding the influence of wind production capacity on mineral-import requirements, considering the price of mineral goods, exchange rates, and income growth. We observe a monotonic favourable response of mineral import demands to wind power generation across all quantiles. However, when considering the quadratic form of wind energy generation, the mineral import demand shows a monotonic reverse trend as the size of wind energy generation expands. Our results reveal the unexpected finding of a monotonic positive effect of copper prices on mineral import demand, which contradicts the Marshallian price theorem. Conversely, the reaction of mineral imports to exchange rates remains consistently positive without modulation. Additionally, we observe a non-monotonic association between the income factor and mineral imports, indicating that the mineral import response to economic growth remains positive until a specific threshold is reached, beyond which it tends to stabilize. The theoretical and practical significance of these findings lies in boosting mineral goods trade to advance the clean energy transition goal for a decarbonized global environment.

Key words: mineral import; installed wind capacity; MM-QR approach; top five mineral importing countries.

JEL F12, F47, F64

1. Introduction

The Kyoto Protocol and the Paris Summit are two influential global platforms that have emphasized the importance of reducing CO₂ emissions. However, the latest COP26 conference in Glasgow has reasserted the goal of realizing a pathway to a carbon-neutral landscape by severing the link between economic growth and its

negative environmental impacts, promoting sustainable energy generation [1].

As a result, businesses that apply co-benefiting models not only encourage the adoption of renewable energy but also generate profits. However, the growth of renewable energy capacity, especially wind installation capacity in many countries, heavily relies on mineral resources

that are essential for the production and management of renewable technologies, including wind turbines [2].

Thus, the world is witnessing a significant surge in demands for mineral imports, and this trend has proven beneficial to multiple countries. As a result, there has been a widespread adoption of electric vehicles and renewable energy sources, which continues to drive the rapid electrification process¹.

Additionally, it is worth noting that, on average, renewable and wind technologies require more raw materials than conventional energy supplies [3].

Given this context, the central research question of this paper explores how the rise of wind energy production capacity in primary mineral-importing nations affects mineral trade.

The motivations for this research stems from several factors. Firstly, many nations that rely on mineral imports are acutely conscious of their obligation to cap global warming at a maximum of 1.5° Celsius higher than preindustrial heights, as articulated during the COP26 assembly [4].

Accordingly, the deployment of renewable technologies, particularly wind turbines, has assumed critical importance in their pursuit of these objectives [3]. Moreover, the transition to clean or renewable energy sources has emerged as a vital pathway towards environmental safety, with several governments spurred on by influential international forums committing to a sustainable energy system by 2050. Consequently, they seek to define the requisite installation power necessary to facilitate the disposition of cleaner power machineries in order to ensure long-term power safety and sustainability [5].

According to estimates from the IEA², reaching the worldwide objective of transitioning to clean energy requires the installation of wind and solar energy systems with capacities of 280 and 1,739 gigawatts, correspondingly. However, the ambitious goal of advancing renewable technology raises a crucial question about the abundance of current mineral reserves in supporting the necessary infrastructure for a successful transition to cleaner energy.

Secondly, clean energy machinery generally demands a larger quantity of raw materials compared to the traditional non-renewable power generation system. To illustrate, the construction of a solar energy plant with one megawatt of installed capacity requires approximately 4 tons of copper, whereas a conventional power plant only needs around a single ton. This heavy copper exploitation is also linked to wind power-yielding mechanisms, where between 0.20 and 0.759 gigatonnes of copper are required for operating a single wind generator³.

In addition to copper, the manufacturing process of renewable energy equipment, specifically for wind power generation, necessitates the utilization of various other mineral goods, such as cadmiums, lithium for EVs, and nickels/cobalt for energy storage [5, 1]. As a result, mineral importations have become increasingly important for economies dedicated to achieving cleaner energy goals and aligning with the worldwide transformations towards cleaner energy.

Finally, the global climate is heavily influenced by the substantial greenhouse gas emissions from the largest consumers of mineral goods, namely the USA, China, Japan, Germany, and the Netherlands. As a result, these countries are seeking to produce clean energy through the utilization of

¹ <https://www.forbes.com/sites/sap/2021/11/29/cop26-takeaways-renewables-replace-fossil-fuels-as-metals-become-a-major-force/?sh=3c1e93c92676>

² <https://www.iea.org/reports/energy-technology-perspectives-2017>

³ <https://www.mrs.org/spring2010>

critical minerals to decrease the reliance on fossil fuels within their energy mix systems. This approach serves to minimize the consequences of climatic events and enhance the utilization of renewable energy and complementary non-carbon technologies, thereby allowing for practical and sustainable business practices¹.

As a result, there is a discernible market demand for critical minerals in these countries, making them a critical component of their industrial development strategies. Nevertheless, these countries face significant geopolitical, economic, technological, and environmental risks in securing a steady supply of minerals, which is an even greater concern than that for fossil fuels. Despite these challenges, these mineral-importing countries continue to increase the importation of minerals to boost renewable technology production [6].

Therefore, it is imperative to prioritize mineral trade for facilitating the transition to cleaner energy, particularly in the context of wind power, and effectively address the risks associated with environmental degradation in these nations.

Driven by the aforementioned motivations, we have set forth a primary research objective to examine whether there is a correlation between the cumulative mineral import requirements and the installed wind capacity within the top five nations in terms of mineral imports during the period of 1996–2020.

To achieve our research objective, we employ the quantiles via moments (MMQR) procedure, devised by Machado & Silva [7]. This quantile-based technique is robust in considering the location and scale of quantile distributions over time, while concurrently examining cross-sectional heterogeneity and time-variant factors among different entities within the panel [8].

Employing this steadfast approach reveals that the proliferation of wind energy generation acts as a monotonic catalyst to stimulate mineral import demands in all quantiles ranging from q_{10} – q_{90} .

Furthermore, our findings reveal that the elasticity of copper prices does not fully adhere to the Marshallian price and demand-centric theorem across all quantiles. We also observe that the exchange rate and income growth have a positive effect on mineral demand in the top five mineral importing economies, whereas income made an insignificant but negative impact in the upper quantiles of our study.

Our research makes a significant contribution to the prevalent empirical investigations in several ways.

Firstly, we delve into the demand dynamics of metallic mineral goods within the import-demand function procedure using innovative panel econometric techniques. This analysis covers the top five mineral importers, providing valuable insights into the dynamics of mineral demand.

Secondly, we recognize the importance of wind energy production as a crucial technological innovation for accelerating the global transition to clean energy. This aligns with previous studies proposed by Sohag et al. [9] and Islam et al. [1], highlighting the significance of wind energy in achieving sustainable energy transitions.

Thirdly, our focus is on aggregate (total) mineral imports as the dependent variable, which is an underexplored area in the sustainability literature on the relationship between the mineral market and wind power deployment.

Fourth, this study's results have substantial implication for policymakers in mineral-consuming nations, providing valuable insights into their growing portfolio of mineral import-dependent energy transformations.

Moreover, our results can inform the formulation of mineral-centric co-benefit

¹ <https://www.oecd.org/dev/developing-countries-and-the-renewable-energy-revolution.htm>

policies aimed at promoting a global shift towards cleaner energy and achieving a decarbonized global landscape.

The purpose of the study is to examine the import-demand function for metallic mineral goods by applying the quantiles via moments (MM-QR) approach, considering the potential heterogeneity across the sample of the top 5 mineral-consuming (importing) nations.

Research hypothesis:

H1: Mineral resource trade, especially mineral imports, contributes to the expansion of the global cleaner (wind) energy transition.

The rest of this study is structured in the following way. Section 2 portrays an outline of the methodologies exercised. Section 3 delineates the empirical outcomes and relevant discussions. The concluding section summarizes the key findings and implications for policy.

2. Literature review

The literature in the context of global clean energy metamorphosis influenced by the metallic minerals appeared dramatically in the last five years.

Specifically, scholarly investigations pertaining to the interconnection between clean energy and mineral commodities emphasize the importance of forecasting scenarios [10, 11]. Some strands of analyses examined the region-centric capacity of mineral goods for generating cleaner electricity but did not encompass the full range of available samples [12, 13]. Some researchers also focused on the risky landscape of mineral goods exploitation [14, 15], and the governing, economic, societal, and political uncertainty issues concerned with mineral extraction [16, 17].

Bazilian [18] and Fernandez [19] showed apprehensions regarding the mineral resources' availability in specific global nations, which creates bottlenecks for metal exploitation.

García & Guzmán [20] measured the pricing of the critical minerals in the international markets.

Church & Crawford [21] and Aldakhil et al. [22] inspected the liaison among technology innovation, expanses for R&D, metallic mineral extraction, green energy necessity, accentuating the ecological concern.

Nassani et al. [23] and Bainton et al. [24] elucidated a comprehensive picture of how environmental sustainability, carbon content, and neutrality facts are linked to the mining activities of metallic minerals.

Sprecher & Kleijn [25] and Vakulchuk & Overland [26] accentuated the necessity of the crucial mineral commodities to set the potential power consumption strategy.

Mineral trade, particularly the import and export portfolios of mineral goods, has been considered by many authors when assessing the relevance of global mineral trade volumes in driving the growth of cleaner energy production worldwide.

Islam et al. [6] discovered the positive implications of geopolitical risks, where policy-driven economic uncertainties have adverse impacts on the import requirements of mineral commodities in the United States.

Islam et al. [27] identified the diverse influencing factors of decomposed geopolitical events, such as geopolitical turmoil "threats" and "acts," within the context of Chinese mineral assets' import portfolios. They employed the quantile-based QARDL and Q-Q regression procedures, taking into account the broad data properties.

Yu et al. [28] conducted a study using theories on the "global value chain" and "energy transition" to analyze the relationship between clean power technology, prices, trade, and mineral resources across leading resource-abundant nations from 1995 to 2020. The findings indicate that the initial adoption of renewable energy technology has a positive impact on the demand for mineral resources. However, over the

long term, there is a decline in mineral resource demand. Employing a fixed effect model across nations, the study observed a positive correlation between mining demand and the growth of industry value and trade openness over an extended period. Moreover, the trading of mineral resources exhibits a multiplier effect on mining demand, further influencing the dynamics of the industry.

Islam et al. [29] scrutinized China's mineral import portfolio of critical minerals for solar energy production from 1996 to 2019. This study revealed the significant role of mineral import volumes in the expansion of China's solar energy generation, which is a crucial aspect of the global transition towards cleaner energy.

Li et al. [30] examined the relationship between renewable electricity generation, financial development, clean fuel and technology access, GDP, R&D spending, and electricity accessibility in low- and middle-income economies from 2000 to 2021. It also explores the impact of natural resources on economic growth in the same group from 1973 to 2022. Using time series analysis and Granger causality, the study finds that GDP and financial development play a significant role in increasing electricity accessibility. Additionally, renewable electricity production, access to clean fuels and technologies, and energy efficiency significantly enhance electricity accessibility in these economies. The influence of natural resource rents on economic growth follows an asymmetric pattern, initially insignificant but gaining importance over time.

Hotchkiss et al. [31] examined two approaches used to identify critical minerals in countries that are actively transitioning to clean energy. Given the commitments of the United States and the United Kingdom to expand their use of renewable energy technologies, the identification of critical minerals holds significant significance for these economies. The paper assesses the

methodologies employed in the identification of critical minerals and their implications for these two nations.

Islam et al. [4] conducted a comprehensive study and explored the positive contribution of Russian mineral goods supply to global and Chinese renewable energy generation from 2011 to 2021, utilizing monthly data. The research also found the advantageous role of labour within the renewable energy industry, while considering the externalities associated with geopolitics that impact this industrial process.

In summary, prior studies have primarily concentrated on evaluating the present status of mineral reserves, their utilization, and exploring potential extraction methods for the future. However, recent research published between 2023 and 2024 has shed light on the significance and utilization of critical mineral goods, particularly metallic mineral commodities, in driving the expansion of cleaner energy industries. These minerals serve as crucial industrial inputs for the operation and manufacturing of cleaner energy machinery. Given the abundance of research focused on the mineral requirements for global clean energy expansion, this empirical investigation aims to develop key hypothesis as outlined below:

H1: Mineral resource trade, especially mineral imports, contributes to the expansion of the global cleaner (wind) energy transition.

However, previous research did not consider the disaggregated phenomenon of cleaner energy transformation, specifically focusing on wind energy production, within the context of leading mineral goods-consuming nations. Additionally, there is a notable scarcity of literature that examines the import demands of critical minerals and their role in the expansion of wind power generation in these nations. Therefore, our research aims to fill this gap by analyzing the actual and growing

Table 1. Data narratives

Code	Variables' names	Measurement	Sources
MI	Mineral import demand	Cumulative import-size of mineral goods in metric ton (thousand)	British Geological Survey, & WITS (https://wits.worldbank.org/)
IWC	Wind installation power	Cumulative installation capability of wind energy in gigawatts, capturing the onshore and offshore-based generation of electricity	Our World in Data (https://ourworldindata.org/)
COP	Copper price	Copper price (per pound)	Macrotrends (https://www.macrotrends.net/charts/precious-metals)
EXR	Exchange rates	Real exchange rates index (2010 = 100)	World Bank (https://data.worldbank.org/products/wdi)
GDP	Gross domestic product (GDP)	Yearly ratio of GDP growth	

Note: The logarithmic forms of dataset are considered for estimation purpose.

volumes of clean energy influenced by the import requirements of mineral goods within these nations, employing sophisticated econometric procedures.

3. Materials and methods

This section encompasses the data sources, model estimation and econometric procedures used for this study.

3.1. Data narratives

According to the British Geological Survey¹, the USA, China, Japan, Germany, and the Netherlands are ranked as the world's top five mineral importing countries. However, our study focuses on investigating the reply of mineral goods import in these countries to the significant cleaner/sustainable energy factors — the installed wind capacity — over the period of 1996–2021.

It is assumed that increasing wind energy production enhances the demands for mineral goods importations in these na-

tions, particularly as wind power machineries, namely wind turbine, generator, cells, and power storage batteries require a substantial amount of minerals for their manufacture and operation.

As a result, these top mineral-consuming nations import the commodities from other exporters, leading to an increase in their mineral import growth. This investigation employs the cumulative mineral importation (MI) as the dependent variable, which responds to the wind energy deployment in the context of these countries, while the installed wind capacity (IWC) serves as an independent variable (Table 1).

More specifically, factors encompassing host country's economic progress level, mineral prices, and exchange rates have a significant influence on the demands for mineral goods importations. These variables are taken into account in the analysis of the mineral import-demand function. Specifically, the Marshallian price-demand theorem states that higher import costs result in lower import size of the commodity [32].

¹ <https://www2.bgs.ac.uk/mineralsuk/statistics/UKStatistics.html>

Moreover, exchange rate depreciation and income growth affect the volume of mineral imports in host countries. Additionally, the importance of renewable energy for environmental preservation drives investments in renewable energy projects [33].

Therefore, our analysis of mineral-import requirements in relation to cleaner energy metamorphosis, including wind energy generation, incorporates variables, namely mineral price, exchange rate, and host economy's income growth. Furthermore, to avoid size effects, all variables have been transformed into natural logarithmic form.

3.2. Model construction

A particular consumer's demands (j) for a certain commodity (i) are determined by their income (y_j), the price of the commodity (p_i), and the prices of other goods (p_n). We can express a consumer's utility behaviour in the following manner:

$$q_{ij} = f(y_j, p_i, p_n). \quad (1)$$

The cumulative demand of the consumers is converted into a demand equation (Q) that is contingent upon the cumulative outputs/income (Y) and the price of products within the economy:

$$Q_i = f(Y, p_i, p_n). \quad (2)$$

In cases where the domestic supply of goods in a country falls short of meeting demand, the economy resorts to importing from outer nations. Consequently, the import demands function relies on factors such as the nation's income (Y), the market pricing of commodities (p_i^s, p_n^s), and the other (complementary or substitute) commodities' comparative price in local and international arena, which is reflected in the exchange rate (e) [34]:

$$Q_i^M = (Y, p_i^s, p_n^s, e). \quad (3)$$

Our modelling approach examines the demand for mineral goods in the five largest mineral goods-consuming nations. In this model, we include wind energy (iwc) as a tech innovation, drawing idea from previous studies [1, 9]. As a result, the final equation derived from the theories can be expressed:

$$Q_{i,t}^M = \alpha_0 + \alpha_1 Y_t + \alpha_2 p_{i,t}^s + \alpha_3 p_{k,t}^s + \alpha_4 exr_t + \alpha_5 iwc_t + \mu_{i,t}. \quad (4)$$

Where $Q_{i,t}^M$ illustrates the importation of mineral commodities in their cumulative form; Y shows the GDP growth; p_i^s are the market pricing of imported commodities (copper); exr denotes the real exchange values; and iwc refers to the installed wind capacity.

3.3. Econometric procedures

This subsection demonstrates the economic background of cross-sectional dependency (CD), panel unit-root inquiry, e. g., CADF, and quantile via moments (MM-QR) techniques.

3.3.1 Cross-sectional dependency (CD) inquiry

Commencing our empirical model analysis, we explore the interdependence between cross-sectional squads. The panel data's reliance on cross-section units may stem from significant impacts arising from economic ties, globalized, and other interconnected relationships. Earlier investigations that disregarded the CD issues in panel estimation process could lead to results that are inconsistent or biased, as it tangles with CD in the panel squads.

Henceforth, Breusch & Pagan [35] introduced the LM examination procedure to investigate the existence of CD issues. The calculation procedure of the LM statistic is given below:

$$LM = T \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \hat{\rho}_{ij}^2. \quad (5)$$

In this equation, T delineates the time-spans, N expresses the quantity of cross-sectional squads, and $\hat{\rho}_{ij}^2$ illustrates the cross-sectionally correlated residuals stemming from the OLS procedure. A notable limitation of the LM inquiry process is its applicability when dealing with a substantial quantity of T and a comparatively limited size of N . In order to address this hitch, Pesaran [36] devised the LM inquiry technique designed to assess the CD test outlined below:

$$CD = \sqrt{\frac{2T}{N(N-1)}} \left(\sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \hat{\rho}_{ij} \right). \quad (6)$$

The underlying postulation of the null hypotheses for both inquiries posits that cross-section squads are unrelated and not influenced by any form of dependency, as observed in the alternative hypothesis.

3.3.2 Panel unit-root inquiry

To ensure the accuracy of our findings and prevent misleading outcomes, we assess the stationarity characteristics of the data. In order to achieve this, we utilize the second-generational unit-root inquiry devised by Pesaran [37], specifically the CADF inquiry.

The technique is effective in identifying potential problems related to cross-sectional dependency and slope heterogeneity. As a result, we can now present an illustration of the CADF regression using the equation provided below:

$$\begin{aligned} \Delta Y_{it} &= \alpha_i + b_i Y_{i,t-1} + \\ &+ c_i \bar{Y}_{t-1} + c_i \overline{\Delta Y}_t + \omega_{it}. \end{aligned} \quad (7)$$

In the equation, Δ refers to the adjustment parameters, Y illustrates the investigated variable, \bar{Y}_t and $\overline{\Delta Y}_t$ delineate the

$\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Y_{it}$ and $\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \Delta Y_{it}$, correspondingly, and ω_{it} is the disturbance mechanism.

3.3.3 Quantiles via Moments (MM-QR) procedure

Given the substantial variation in the distribution of mineral imports among countries worldwide, the current study employs the panel quantiles via moments (MM-QR) model, following the framework proposed by Machado & Silva [7]. This innovative approach estimates regression-based quantiles by approximating conditional means, while also offering valuable insights into how the independent variables influence the entire conditional allocation.

The MMQR technique enables analysts to discern diverse impacts across quantiles, providing a comprehensive understanding beyond traditional methods such as the OLS. Importantly, the MMQR technique proves advantageous when the cross-sectional data-driven modelling framework incorporates separate impact and endogenous regressors.

Based on the experiential arrangement, it can be stated that considering the available data $\{(Y_{it}, X'_{it})'\}$ from a panel comprising n individuals $i = 1, 2, \dots, n$ over T time periods $t = 1, \dots, T$, the inference of conditional quantiles $Q_Y(\tau | X)$ for a location-scale framework, which can be formulated as follows:

$$Y_{it} = \alpha_i + X'_{it}\beta + (\delta_i + Z'_{it}\gamma)U_{it}. \quad (8)$$

In this context, the regressed variable Y_{it} represents mineral goods imports (MI), and its random conditional quantiles are dependent on a k -vector of covariates X_{it} . The method utilizes conditional means to evaluate the conditional quantiles by combining assessments of the location and scale functions. This approach enables us to capture the separate effects of the regressors on both the location and scale on the regressed indicator.

Moreover, X_{it} denotes the vector of regressors, which include installed wind capacity (IWC), quadratic form of installed

wind capacity (*IWC2*), copper prices (*COP*), exchange rates (*EXR*) and economic growth (*GDP*) with $\Pr = \{\delta_i + Z'_i \gamma > 0\} = 1$.

The parameters (α_i, δ_i) , $i = 1, \dots, n$, correspond to the fixed effects specific to each individual in the dataset, while Z is a k -vector that contains known differentiable transmutations of the factors of X . The order $\{X_{it}\}$ is direly exogenous, meaning it is *iid* for any fixed i and is also independent throughout different i values. The error terms U_{it} are also *iid* throughout both i and t , and they are statistically independent of X .

Furthermore, the error terms U_{it} are normalized to satisfy the moment conditions. Therefore, the model can be expressed in the following manner:

$$Q_Y(\tau | X_{it}) = (\alpha_i + \delta_i q(\tau)) + X'_{it} \beta + Z'_{it} \gamma q(\tau). \quad (9)$$

The scalar coefficient $\alpha_i(\tau) \equiv \alpha_i + \delta_i q(\tau)$ refers to the fixed effect specific to individual i at quantile- τ , representing the effect on the distribution at τ . Unlike the typical fixed effects, the distributional impact is not limited to a simple shift in location.

Rather, it captures the impact of time-invariant distinctive characteristics that can have diverse impacts on the parts of the conditional distribution of Y . This approach enables us to explore how the heterogeneous covariance impacts of indicators related to mineral imports vary under different conditions.

3.3.4 Driscoll Kraay's standard errors (DKSE) technique

To appraise the long-term validity of our result, we utilize the DKSE technique (Driscoll & Kraay [38]). This method is effective in evaluating robustness as it can handle commotion terms in diverse panels that exhibit spatial (cross-sectional) dependence (CD). The CD is particular-

ly noticeable when i and j represent different panels, which is a common challenge when analysing macroeconomic data over extended periods.

The DKSE procedure first examines issues such as heteroscedasticity, CD, and autocorrelation to identify any potential problems. It then incorporates the average values of regressors and their associated errors in the model, which are utilized to generate cross-sectionally robust standard errors through a weighted HAC (heteroscedasticity and autocorrelation consistent) estimator [39].

The fixed effect parameter adheres to a twin-step implementation process, where all variables $z_{it} \in \{y_{it}, x_{it}\}$ in the model undergo within-transformation in the initial step. This ensures the appropriate application of the fixed effects estimator:

$$\tilde{z}_{it} = z_{it} - \bar{z}_i + \bar{z}. \quad (10)$$

In this equation, $\bar{z}_i = T_i^{-1} \sum_{t=1}^{T_i} z_{it}$ and $\bar{z} = (\sum T_i)^{-1} \sum_i \sum_t z_{it}$. It is important to note

that the second step involves the within-estimator, which is based on the OLS estimator of $\tilde{y}_{it} = \tilde{x}'_{it} \theta + \tilde{\varepsilon}_{it}$. This within-estimator is used to estimate the transformed regression model described in equation (10) through a pooled OLS estimation procedure.

3.3.5 Panel causality test

We employ the dynamic non-causality procedure devised by Dumitrescu & Hurlin [40] for heterogeneous panel data, including those with small data ranges.

This causality test provides distinct Z and W statistics, along with their corresponding p -values, which allow for a moderate detection of the causal associations among the variables.

The utilization of this test provides a robust approach to examining the poten-

tial causal relationships among the variables and thus helps to ensure the accuracy and comprehensiveness of the study's findings.

4. Results

The part of this study includes the findings derived from several analytical techniques, including descriptive analysis, CD test, panel unit-root inquiry, MM-QR technique, the Driscoll-Kraay standard errors procedure, and panel causality test.

4.1. Descriptive analysis findings

We commence our investigation by analysing descriptive statistics. Table 1 shows the standard deviation of our variables,

illustrating that the standard deviations are highly reflective for most of the study's indicators in the "between" option. This scenario exposes the panel squads-centric divergence in mineral importation and its utilization in wind power manufacture.

Additionally, we present Table 2, which illustrates the correlation matrix of the variables along with their corresponding significance levels (*p*-values). Our analysis reveals a strong positive correlation between *IWC* and *MI*, aligning with our *priori* expectations. Furthermore, we observe a positive correlation between *IWC*² and *MI*, which is consistent with our intuitive understanding of the relationship.

Table 1. Descriptive statistics

Variable		Mean	Std. Dev.	Min.	Max.	Obs.
MI	Overall	14.7302	0.7891	13.1181	16.1880	N = 130
	Between		0.7007	13.8837	15.6446	n = 5
	Within		0.4762	13.8116	15.3959	T = 26
IWC	Overall	1.5712	2.1157	-4.0745	5.6418	N = 130
	Between		1.4016	-0.1645	2.9041	n = 5
	Within		1.7006	-2.7795	5.3079	T = 26
IWC ²	Overall	6.9094	7.9022	0.0001	31.8308	N = 130
	Between		4.6692	1.07088	11.1174	n = 5
	Within		6.6980	-4.2046	27.6228	T = 26
COP	Overall	4.1739	0.8861	3.0179	5.8630	N = 130
	Between		0.0030	4.1726	4.1794	n = 5
	Within		0.8861	3.0124	5.8575	T = 26
EXR	Overall	4.6166	0.1193	4.2401	4.8673	N = 130
	Between		0.0581	4.5360	4.6987	n = 5
	Within		0.1073	4.3207	4.9123	T = 26
GDP	Overall	2.9026	3.6620	-5.6938	14.2308	N = 130
	Between		3.2951	0.6079	10.8697	n = 5
	Within		2.1572	-3.9634	8.4414	T = 26

Note: The descriptive analysis procedure computes the logarithmic form of the dataset.

Table 2. Correlation matrix

	MI	IWC	IWC ²	COP	EXR	GDP
MI	1.0000					
IWC	0.3981*** (0.0000)	1.0000				
IWC ²	0.1880** (0.0358)	0.7421*** (0.0000)				
COP	0.4653*** (0.0000)	0.7728*** (0.0000)	0.02850 (0.7524)	1.0000		
EXR	0.2083** (0.0198)	-0.2327*** (0.0090)	0.0647 (0.4732)	-0.1435 (0.1104)	1.0000	
GDP	0.0478 (0.5966)	-0.0583 (0.5183)	0.0411 (0.6486)	-0.1537* (0.0870)	0.0789 (0.3817)	1.0000

Note: *p*-values lie in first brackets. ***, ** and * are the significance levels at 1 %, 5 % and 10 %.

Table 3. Cross-sectional dependence (CD) and panel unit-root inquiries

Variable	CD inquiry		Unit-root inquiry	
	Statistics	$\hat{\rho}$	CADF (Level)	CADF (First difference)
MI	14.95***	0.946	-2.001**	-3.886***
IWC	15.00***	0.948	-1.745**	-2.086**
IWC ²	5.04***	0.591	0.508	-3.096***
COP			7.774	-3.567***
EXR	1.75*	0.374	1.235	-2.237**
GDP	9.06***	0.573	0.566	-2.793***

Note: For the case of a global variable, specifically the COP, the CD and CADF inquiries are not suitable. As a result, we employ the ADF unit-root examination considering COP as the time-series property and finding its stationarity profile. The CD measurements and the average correlation ($\hat{\rho}$) among the cross-sections are presented in the 2nd and 3rd columns, respectively. Additionally, the CADF ($Z[t\text{-bar}]$) stats at the level $I(0)$ and the first-difference $I(1)$ forms are displayed in the 4th and 5th columns, correspondingly.

Next, we move forward to investigate the Issue of CD in the panel squads at this juncture. The CD status plays a pivotal role in determining the appropriate model for the cross-sectional squads. The outcomes of the CD inquiry are displayed in Column 2 of Table 3. The CD inquiry procedure exhibits variables' level of significance at 1 %, signifying the existence of CD among the cross-sectional squads. It is worth noting that the *IWC* exhibits high-

er CD values, whereas the *EXR* displays lower values.

Given the Issue of CD observed among the panel squads, we employ the CADF procedure to check for stationarity. This test effectively handles concerns related to CD and slope homogeneity, resulting in a balanced outcome across the cross-sections. However, the CADF unit-root analysis reveals the integrating relationship between the variables, which is

mixed in nature. As a result, due to the evidence of CD and the merged integrated order among the variables, it becomes necessary to utilize the MM-QR approach.

4.2. Main findings

This research measures the response of *MI* to *IWC* within the scope of *COP*, *EXR*, and *GDP* using the import-demand analysis procedure. We have opted for the MM-QR approach, which allows us to examine the specific discrepancies in location and scale while exploring the relationship between *MI* and *IWC* among the nations with the highest mineral consumption.

The hypothetical model under the framework of MM-QR approach used in our study includes

$$Q_{MI} (IWC, IWC^2, COP, EXR, GDP) = \alpha + X (IWC, IWC^2, COP, EXR, GDP) \beta + \sigma (\delta + Z\gamma) q(\tau).$$

In this model, we take into account cumulative *MI* as the regressed variable, *IWC* and *IWC*² as the regressors, and *COP*, *EXR* and *GDP* as the control variables.

Table 4 depicts that *MI* has a monotonically positive response to the *IWC* in the 5 mineral-consuming nations. The result infers that the *IWC* significantly fosters the top mineral-consuming countries' *MI* demands in all quantiles from q10 to q90 due to having *IWC*'s positively significant coefficients emerged from the MM-QR regression approach (Figures 1 and 2).

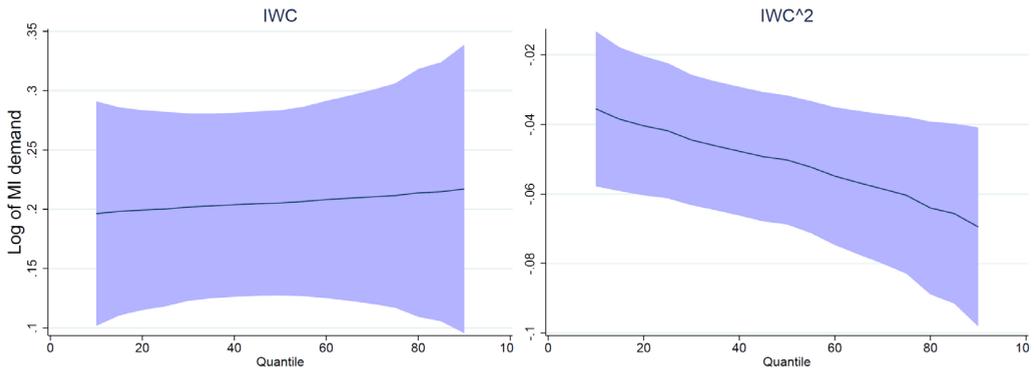
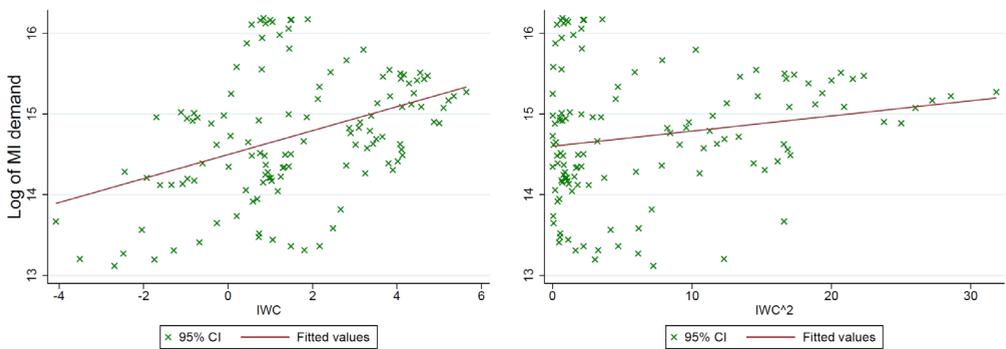
Table 4. Mineral importation and cleaner energy transformations

Variables	Location	Scale	q10	q20	q30	q40
IWC	0.2062*** (0.0404)	0.0061 (0.0223)	0.1963*** (0.0482)	0.1992*** (0.0429)	0.2017*** (0.0403)	0.2037*** (0.0395)
IWC	-0.0517*** (0.0095)	-0.0100* (0.0052)	-0.0355*** (0.0113)	-0.0403*** (0.0101)	-0.0444*** (0.0095)	-0.0476*** (0.0094)
COP	0.4141*** (0.0841)	-0.0081*** (0.0465)	0.4272*** (0.1005)	0.4233*** (0.0895)	0.4200*** (0.0839)	0.4174*** (0.0823)
EXR	2.6588*** (.5180)	-0.1335*** (0.2862)	2.8743*** (0.6186)	2.8094*** (0.5512)	2.7551*** (0.5168)	2.7123*** (0.5074)
GDP	0.0304** (0.0137)	0.0278*** (0.0075)	0.0753*** (0.0163)	0.0618*** (0.0150)	0.0504*** (0.0140)	0.0415*** (0.0140)

Table 4. Mineral importation and cleaner energy transformations (the end)

Variables	q50	q60	q70	q80	q90
IWC	0.2052*** (0.0398)	0.2081*** (0.0424)	0.2103*** (0.0460)	0.2137*** (0.0533)	0.2170*** (0.0620)
IWC	-0.0502*** (0.0094)	-0.0548*** (0.0100)	-0.0585*** (0.0109)	-0.0640*** (0.0126)	-0.0694*** (0.0145)
COP	0.4153*** (0.0830)	0.4115*** (0.0883)	0.4086*** (0.0958)	0.4041*** (0.1109)	0.3997*** (0.1292)
EXR	2.6788*** (0.5112)	2.6169*** (0.5441)	2.5680*** (0.5902)	2.4951*** (0.6835)	2.4228*** (0.7952)
GDP	0.0345** (0.0139)	0.0216 (0.0149)	0.0114 (0.0162)	-0.0037 (0.0187)	-0.0188 (0.0209768)

Note: Standard errors lie in first brackets. *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Figure 1. Reply of *MI* demand to *IWC* and IWC^2 Figure 2. Fitted values of *MI* demand to *IWC* and IWC^2

These favourable and substantial coefficients of the wind power at all-time horizons (quantiles) also signify that *IWC*, which plays a crucial role in worldwide cleaner energy metamorphosis, relies on minerals. This contributes to the growing demand for mineral goods imports.

Our findings in Table 4 also unveil that the mineral import demand (*MI*) encounters a monotonic reverse move at all-time horizons while expanding the volume of wind energy generation using quadric form in the study's model. Furthermore, it indicates that the response of *MI* to the quadric form of installed wind capacity (IWC^2) is significantly negative all over the quantiles (q10-q90) from the perspectives of the largest mineral-consuming nations (Figures 1 and 2).

This situation implies that mineral resources' responsiveness does not cover up

but surpasses the massive wind generation. Therefore, it has negatively affected mineral-based wind energy production.

Our finding (Table 4) also establishes that the response of *MI* to the copper price (*COP*) is monotonic and conducive all over the quantiles (q10-q90) due to its significantly positive coefficients. This finding indicates that the importation of mineral commodities consistently rises in tandem with the supply of mineral commodities in the market, primarily driven by the rapid expansion of wind energy generation.

In addition, the result concerning *EXR* shows a positive response of *MI* to *EXR* in entire timespans (q10-q90). The positive consequence of *EXR* on *MI* requirement may be rational from the standpoints of these economies' higher rate of local currencies.

Finally, we find that the *MI* demand monotonically and positively responds to the economic growth (*GDP*) from q10 to q50, and this factor remains inconsequential during the residual quantiles, e. g., q60-q90. Our result implies that *GDP* elevates mineral import (*MI*) demand up to a specific level.

However, after the threshold level, the *GDP* growth becomes elusive to promote *MI* demands in these mineral importing countries. The reason behind the monotonically positive impact of *GDP* growth on *MI* demand in these countries is their focus on harnessing the full income potentials for clean energy production, particularly wind energy. Besides, income growth values' exponential rate promotes a commodity's import growth for a certain level (threshold level).

4.3. Robustness checked by the DKSE technique

To examine the robust results, we employ the DKSE procedure, which is an adapted version of the previously developed estimator of the standard non-parametric covariance matrix. This estimator is specifically designed for analysing time-series data and assessing both cross-sectional and time-based dependence. Importantly, the DKSE procedure yields compelling findings that address the Issue of cross-sectional dependence [47].

Our estimated findings in Table 5 divulge that our main proposition, viz., the positive reply of *MI* to *IWC* and the quadric form of *IWC* (IWC^2), is explored using this alternate estimation technique, namely Driscoll-Kraay standard errors technique.

Table 5. Results derived from the DKSE procedure

Variables	Coefficient	Drisc/Kraay Std. Error	t	p-value
IWC	0.2062**	0.0445	4.63	0.010
IWC ²	-0.0517***	0.0100	-5.14	0.007
COP	0.4141***	0.0853	4.85	0.008
EXR	2.6588***	0.2680	9.92	0.001
GDP	0.0304**	0.0109	2.77	0.050
R ²		0.4296		
Root MSE		0.6084		
Obs.		125		

Note: *** and ** denotes the 1 % and 5 % significance levels.

This finding coincides with the results obtained from the MM-QR approach. Besides, we also explore the positive coefficients of the copper price (*COP*), the exchange rate (*EXR*) and economic growth (*GDP*) that are entirely coherent with the finding from the MM-QR technique.

Overall, the Driscoll-Kraay standard errors estimation procedure establishes our core assumption concerning the beneficial

feedback of *MI* to *IWC* and IWC^2 in from the perspectives of the largest 5 mineral-consuming nations.

4.4. Panel causality test's findings

In order to obtain more robust findings, we utilize a dynamic panel causality analysis technique developed by Dumitrescu & Hurlin [40]. This causality test offers the advantage of providing an unbiased meas-

urement while taking into account the heterogeneous properties of the panel data.

Table 6 presents the W-stat and Z-stat, which illustrate the Granger causality for all variables in relation to MI.

The investigated results show a bidirectional causal association between *MI*

and *IWC* and the quadratic form of *IWC* (*IWC*²) across the sample nations. Besides, the unidirectional causality lies between the mineral imports (*MI*) and exchange rate (*EXR*), and the bidirectional causality exists between the *MI* and the economic growth (*GDP*).

Table 6. Results from panel causality test

Hypotheses	W-stats	Z-stats	p-values.	Outcomes	Conclusion
<i>IWC</i> → <i>MI</i>	10.1679	9.1320	0.0000	Yes	Bilateral causation
<i>MI</i> → <i>IWC</i>	8.1459	6.8713	0.0000	Yes	
<i>IWC</i> ² → <i>MI</i>	4.5158	2.8127	0.0049	Yes	Bilateral causation
<i>MI</i> → <i>IWC</i> ²	9.2343	8.0882	0.0000	Yes	
<i>MI</i> → <i>COP</i>	3.6142	1.8047	0.0711	Yes	Unilateral causation
<i>EXR</i> → <i>MI</i>	4.4613	2.7518	0.0059	Yes	Unilateral causation
<i>GDP</i> → <i>MI</i>	8.7399	7.5355	0.0000	Yes	Bilateral causation
<i>MI</i> → <i>GDP</i>	4.4527	2.7423	0.0061	Yes	

Accordingly, our findings are robust and aligned with the MM-QR and Driscoll-Kraay standard error techniques.

5. Discussion

The findings of this study provide empirical evidence of a positive relationship between mineral goods imports and wind power installation in major mineral commodity-consuming countries.

These findings highlight the significant utilization of critical mineral goods by these nations in the manufacturing process of cleaner power. Specifically, wind power serves two primary purposes: offshore and onshore. The maintenance of offshore wind plants heavily relies on rare earth minerals, particularly permanent magnets used in generator operations. As wind generator technologies continue to advance, the growing trend in wind power installation further underscores the importance of these mineral commodities as essential raw materials [41].

As one of the top mineral-importing countries, the situation of the US is particularly striking when it comes to producing renewable electricity from wind sources. Over the past three decades, the US has witnessed a significant increase in wind electricity production through the use of wind technologies. The adoption of advanced technologies has led to a reduction in wind-based electricity production costs. According to a report by the EIA¹, “Total annual U.S. electricity generation from wind energy increased from about 6 billion kilowatt-hours (kWh) in 2000 to about 380 billion kWh in 2021.”

Similarly, China has emerged as the leader in wind installation capacity worldwide. In 2020, developers constructed approximately 100GW of wind farms in China, which is enough to power roughly three times the number of houses in the UK. Additionally, there was a nearly 60 %

¹ <https://www.eia.gov/energyexplained/wind/electricity-generation-from-wind.php>

increase in wind installation capacity in China in 2021¹.

Crucially, in Japan, wind power currently contributes a modest percentage to the overall electricity industry. The onshore wind capacity in Japan is projected to be 144 gigawatts, while the offshore wind capacity is estimated to be 608 GW. As of 2020, the country's total installed wind power capacity was 4.2 GW. In comparison to other countries, the government's objectives for wind power development in 2018 were relatively modest, aiming for 1.7 percent of the total electricity production. However, in December 2020, Japan's authorities announced plans to develop up to 45 GW of offshore energy from wind sources by 2040².

The wind energy industry holds paramount importance in Germany's energy revolution, as it continues to account for the highest share of domestic power production in 2021. Germany stands as Europe's largest wind energy market, boasting an installed capacity of nearly 63 GW. Repowering constituted 13 % of new onshore installations in 2021, contributing to approximately 23 % (net) of Germany's total electricity output.

Likewise, the Netherlands heavily relies on wind energy as a significant renewable energy source. Consequently, the central government has made the decision to increase the number of onshore wind farms. By the end of 2015, at least 2,525 onshore wind turbines generated 3,000 megawatts of power, equivalent to approximately 5 % of the Netherlands' overall energy requirements. In line with the Energy Agreement for Sustainable Growth report, the country achieved its target of producing 6,000 MW of onshore wind energy in 2020. Currently,

the Netherlands aims to install between 1,000 and 1,500 new onshore wind turbines, considering that an average wind turbine has a capacity of 2 to 3 MW³.

Furthermore, to meet climate targets and reduce reliance on Russian gas, the Netherlands plans to significantly increase offshore wind plant construction in the coming years, aiming to triple the anticipated capacity by 2030⁴.

The overall explosive growth rate of wind energy generation in the top five mineral-consuming nations significantly increases the demand for minerals used in the manufacturing and maintenance of wind technologies. The findings of our study, which demonstrate a positive and significant association between mineral commodities' importation and wind power generation in these major mineral-consuming economies, align with the studies conducted by Islam et al. [1, 34], Giurco et al. [42], Islam et al. [6, 27], and Buchholz & Brandenburg [43].

In our findings, we have also observed a negative relationship between assumed expansion of clean power production and the import demands of critical mineral goods. There are several rationales behind this observation.

Firstly, these countries may lack the necessary preparation, target determination, and capacities to effectively utilize mineral resources for a significant portion of wind energy production. Additionally, bottlenecks related to mineral mining and extraction can hinder the exploitation of the full potential of these mineral resources, as they are often concentrated in specific regions. Furthermore, people and governance in mineral-producing countries may not be inclined to export mineral resources to other nations.

¹ <https://www.theguardian.com/business/2021/mar/10/china-leads-world-increase-wind-power-capacity-windfarms>

² <https://www.reuters.com/article/us-japan-windpower-idUSKBN28P0C6>

³ <https://www.government.nl/topics/renewable-energy/wind-energy-on-land>

⁴ <https://www.reuters.com/business/environment/netherlands-ramps-up-plan-doubling-offshore-wind-capacity-by-2030-2022-03-18/>

Secondly, mineral trade-related extremism can contribute to the negative consequence of utilizing mineral resources in the production process of wind energy, which ultimately affects mineral-importing countries.

Considering these factors, mineral-importing countries are required to sensibly utilize mineral resources in the production of renewable energy, particularly wind energy. Moreover, the clean energy transitions driven by mineral resources in these countries are fundamentally shaped by the state policies adopted to address challenges arising from various socio-economic, political, and cultural factors.

The negative response or bottlenecks in mineral import and exploitation relevant to cleaner energy generation align with previous studies conducted by Bazilian [18], International Energy Agency¹, Mudakkar et al. [44], De Ridder [45], Hu et al. [46], Nassani et al. [23], and Hanai [16].

The study's finding also establish the beneficial influence of copper prices on mineral importation that denies the Marshall's price/demand-centric theorem regarding the import-demand analysis. Marshallian view depicts that the importing commodities' own price may adversely influence the commodities demanded [32].

More specifically, global market dynamics and supply chain interdependencies may also play a role in shaping the relationship between copper prices and mineral imports. Changes in global copper prices can reflect shifts in global demand and supply conditions, affecting the overall availability and cost of mineral commodities. These fluctuations can influence the decision-making process of mineral-importing countries, leading to adjustments in their import demands in response to changing copper prices.

Our findings explore the positive consequence of exchange rates on the require-

ment for mineral imports, which can be rationalized from the standpoint of these economies having a higher rate of local currencies. This finding also indicates that a stronger local currency can serve as an indicator of higher export earnings. When a country's exports perform well, it generates a surplus of foreign currency, contributing to the strengthening of the local currency. This surplus of foreign currency can then be utilized to finance mineral imports. The positive relationship between exchange rates and mineral imports can be seen as a reflection of the availability of foreign currency reserves that can be allocated towards the importation of mineral commodities.

The final findings of this study provide valuable insights into the relationship between economic development and the expansion of mineral goods imports in major mineral commodities-importing nations. The results highlight the beneficial impact of economic development on the overall growth of imports, particularly in the context of mineral commodities. The findings suggest that higher levels of economic development often coincide with increased industrialization and infrastructure development. These activities require significant quantities of mineral resources, further driving the demand for mineral goods imports.

As a result, the specific level of income growth plays an expediting role in spurring the growth of mineral goods imports, aligning with the needs and demands of the mineral goods-consuming nations.

6. Conclusion and policy implications

The utilization of minerals is highly prevalent in the production of clean energy, particularly in the domain of wind power. Despite the inherent variability and unpredictability of mineral markets, the focus on minerals as a cornerstone in clean ener-

¹ <https://www.iea.org/reports/the-role-of-critical-minerals-in-clean-energy-transitions>

gy generation has proven instrumental in driving their significant demand.

Through our analysis, we seek to investigate the dynamic relationship between *MI* and cleaner energy transformation parameters, specifically the wind installation capacity (*IWC*), in conjunction with several other explanatory variables, e. g., *COP*, *EXR*, and *GDP* growth. To achieve this, we apply rigorous econometric techniques to uniquely examine the import-demand function analysis within the leading 5 mineral-consuming nations.

Our study provides some persuasive results.

First, we establish our primary hypothesis by finding mineral import's monotonic long-run positive responsiveness to the installation of wind power capability. This is obvious in the case of these mineral goods consuming nations owing to their appalling use of mineral resources as raw materials in the operation of wind energy technologies and their production.

Secondly, the own price of mineral goods does not hold the Marshallian price-quantity theorem in influencing the requirements of mineral commodities.

Thirdly, the exchange rate positively increases the *MI* demands for these economies. The strength of the currencies of these mineral importing economies directs to the significant influence of exchange rates on the mineral import demands. Furthermore, the cumulative proportionate alteration in import unit values plays a crucial role in detecting the influence of exchange rate fluctuations on *MI* demands.

Finally, economic growth appears to have a monotonic positive influence on mineral import (*MI*) from q1 to q5. After this threshold level, the income growth factor shows inconsequential throughout the remaining quantiles (q6-q9). This result indicates that these economies utilize the *GDP*'s potential in promoting *MI* growth,

but *GDP*'s exponential rate upholds *MI* growth for a certain level (threshold level).

Our findings are robust across the alternate estimation parameters, namely the DKSE technique and the Dumitrescu-Hurlin panel causality test.

The outcomes of our comprehensive investigation carry substantial theoretical and practical implications for the formulation and implementation of policies. Our findings indicate that a strategic utilization of minerals in the development of renewable energy holds the potential to facilitate a transition towards a decarbonized or net-zero emissions trajectory for mineral-importing nations.

However, it is imperative for decision-makers in these economies to address the critical Issue of a recycling framework for minerals. Without a well-defined plan for recycling, these nations will be unable to achieve the fundamental objective of a circular economy.

By implementing appropriate policies, the exploitation of minerals can yield significant profitability, enabling policymakers to capitalize on the income growth potential that renewable energy sources offer while simultaneously steering their energy infrastructures away from non-renewable sources.

Furthermore, the collective efforts of these nations to ensure that global average warming remains below the ambitious target of 1.5 °C, as set by world leaders at COP26, can be further bolstered by actively avoiding the use of non-renewable energy sources through a concerted and deliberate approach.

The governments of major economies that rely heavily on mineral imports must conscientiously acknowledge the growing necessity for minerals as they seek to pursue more sustainable forms of energy. According to the World Bank's (2020) forecast, the demand for minerals in renewable energy technologies is anticipated to surge by more than

500 % by 2050. This staggering depiction of mineral demand may spur various nations to ramp up their mineral imports to reinforce their capacity for producing clean energy. In light of this, it is crucial for the governments of these nations to establish sensible mineral import policies that enable them to sustain mineral goods importation to facilitate the responsible use of renewable equipment, namely wind turbines, wind generators, and wind cells.

Theoretical and empirical implications arise from the analysis of exogenous shocks and the bargaining power of mineral-importing nations in relation to mineral prices. Understanding and being mindful of these exogenous shocks, such as oil price fluctuations, exchange rate fluctuations, economic recessions, and unstable global financial conditions, among others, is crucial for mineral-importing nations. This knowledge can inform policy decisions and strategies to mitigate the adverse impacts of these shocks on mineral prices and ensure the stability and affordability of mineral imports.

The concept of bargaining power becomes an essential factor in the context of attaining favorable mineral pricing and furthering mineral imports. The ability of mineral-importing nations to negotiate favorable terms and conditions can influence

the availability and cost of mineral commodities.

This highlights the importance of strengthening the bargaining power of these nations through strategic alliances, trade agreements, and sustainable resource management practices. Understanding the dynamics of bargaining power can guide policymakers in formulating effective strategies to secure access to critical minerals at competitive prices.

Moreover, the pursuit of decisive renewable energy productivity within the framework of global sustainability necessitates the leveraging of crucial mineral goods by the largest mineral-consuming nations. The production of clean energy, facilitated by the utilization of minerals, holds substantial potential to make a significant contribution towards achieving a carbon-neutral planet by the twenty-first century.

This highlights the importance of prioritizing the development and deployment of renewable energy technologies that rely on minerals, while also considering the environmental and social implications associated with their extraction and processing. Overall, the production of clean energy facilitated by minerals holds substantial potential to make a significant contribution towards the attainment of a carbon-neutral planet by the twenty-first century.

References

1. Islam, M.M., Sohag, K., Hammoudeh, S., Mariev, O., Samargandi, N. (2022). Minerals import demands and clean energy transitions: A disaggregated analysis. *Energy Economics*, Vol. 113, 106205. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2022.106205>
2. Dallas, J.A., Raval, S., Saydam, S., Dempster, A.G. (2021). Investigating extraterrestrial bodies as a source of critical minerals for renewable energy technology. *Acta Astronautica*, Vol. 186, 74–86. <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2021.05.021>
3. Calvo, G., Valero, A. (2021). Strategic mineral resources: Availability and future estimations for the renewable energy sector. *Environmental Development*, Vol. 41, 100640. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2021.100640>
4. Islam, M.M., Sohag, K., Berezin, A., Sergi, B.S. (2024). Factor proportions model for Russian mineral supply-driven global energy transition: Does externality matter? *Energy Economics*, Vol. 129, 107242. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2023.107242>

5. Bilgili, M., Ozbek, A., Sahin, B., Kahraman, A. (2015). An overview of renewable electric power capacity and progress in new technologies in the world. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 49, 323–334. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.04.148>
6. Islam, M.M., Sohag, K., Mariev, O. (2023). Geopolitical risks and mineral-driven renewable energy generation in China: A decomposed analysis. *Resources Policy*, Vol. 80, 103229. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2022.103229>
7. Machado, J.A.F., Silva, J.M.C.S. (2019). Quantiles via moments. *Journal of Econometrics*, Vol. 213, Issue 1, 145–173. <https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2019.04.009>
8. Sohag, K., Kliestik, T., Shams, S.M.R., Mariev, O., Davidson, N. (2022). Capital market deepening, Governor's characteristics and Russian regional enterprises: A big data analysis. *Journal of Business Research*, Vol. 149, 340–352. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2022.05.035>
9. Sohag, K., Chukavina, K., Samargandi, N. (2021). Renewable energy and total factor productivity in OECD member countries. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 296, 126499. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126499>
10. Valero, A., Valero, A., Calvo, G., Ortego, A. (2018). Material bottlenecks in the future development of green technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 93, 178–200. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.05.041>
11. Teske, S., Sawyer, S., Schäfer, O. (2015). *Energy [r] Evolution: A Sustainable World Energy Outlook 2015: 100 % Renewable Energy for All*. Greenpeace International. Available at: <https://elib.dlr.de/98314/1/Energy-Revolution-2015-Full.pdf>
12. Månberger, A., Stenqvist, B. (2018). Global metal flows in the renewable energy transition: exploring the effects of substitutes, technological mix and development. *Energy Policy*, Vol. 119, 226–241. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.04.056>
13. Valero, A., Valero, A., Calvo, G., Ortego, A., Ascaso, S., Palacios, J.-L. (2018). Global material requirements for the energy transition. An exergy flow analysis of decarbonisation pathways. *Energy*, Vol. 159, 1175–1184. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.06.149>
14. Beylot, A., Guyonnet, D., Muller, S., Vaxelaire, S., Villeneuve, J. (2019). Mineral raw material requirements and associated climate-change impacts of the French energy transition by 2050. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 208, 1198–1205. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.154>
15. Watari, T., McLellan, B. C., Giurco, D., Dominish, E., Yamasue, E., Nansai, K. (2019). Total material requirement for the global energy transition to 2050: A focus on transport and electricity. *Resources, Conservation and Recycling*, Vol. 148, 91–103. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.05.015>
16. Hanai, K. (2021). Conflict minerals regulation and mechanism changes in the DR Congo. *Resources Policy*, Vol. 74, 102394. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2021.102394>
17. Tokimatsu, K., Wachtmeister, H., McLellan, B., Davidsson, S., Murakami, S., Höök, M., Yasuoka, R., Nishio, M. (2017). Energy modeling approach to the global energy-mineral nexus: A first look at metal requirements and the 2 C target. *Applied Energy*, Vol. 207, 494–509. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.05.151>
18. Bazilian, M.D. (2018). The mineral foundation of the energy transition. *The Extractive Industries and Society*, Vol. 5, Issue 1, 93–97. <https://doi.org/10.1016/j.exis.2017.12.002>
19. Fernandez, V. (2018). Price and income elasticity of demand for mineral commodities. *Resources Policy*, Vol. 59, 160–183. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2018.06.013>
20. García, D., Guzmán, J.I. (2020). Short-term price volatility and reversion rate in mineral commodity markets. *Mineral Economics*, Vol. 33, Issue 1, 217–229. <https://doi.org/10.1007/s13563-019-00190-7>
21. Church, C., Crawford, A. (2020). Minerals and the metals for the energy transition: Exploring the conflict implications for mineral-rich, fragile states. *Lecture Notes in Energy*, Vol. 73, 279–304. https://doi.org/10.1007/978-3-030-39066-2_12
22. Aldakhil, A.M., Nassani, A.A., Zaman, K. (2020). The role of technical cooperation grants in mineral resource extraction: Evidence from a panel of 12 abundant resource economies. *Resources Policy*, Vol. 69, 101822. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2020.101822>

23. Nassani, A.A., Aldakhil, A.M., Zaman, K. (2021). Ecological footprints jeopardy for mineral resource extraction: Efficient use of energy, financial development and insurance services to conserve natural resources. *Resources Policy*, Vol. 74, 102271. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2021.102271>
24. Bainton, N., Kemp, D., Lèbre, E., Owen, J.R., Marston, G. (2021). The energy-extractives nexus and the just transition. *Sustainable Development*, Vol. 29, Issue. 4, 624–634. <https://doi.org/10.1002/sd.2163>
25. Sprecher, B., Kleijn, R. (2021). Tackling material constraints on the exponential growth of the energy transition. *One Earth*, Vol. 4, Issue 3, 335–338. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2021.02.020>
26. Vakulchuk, R., Overland, I. (2021). Central Asia is a missing link in analyses of critical materials for the global clean energy transition. *One Earth*, Vol. 4, Issue 12, 1678–1692. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2021.11.012>
27. Islam, M.M., Sohag, K. (2023). Mineral import demand and wind energy deployment in the USA: Co-integration and counterfactual analysis approaches. *Mineral Economics*, Vol. 36, 697–717. <https://doi.org/10.1007/s13563-023-00382-2>
28. Yu, D., Wenhui, X., Anser, M.K., Nassani, A.A., Imran, M., Zaman, K., Haffar, M. (2023). Navigating the global mineral market: A study of resource wealth and the energy transition. *Resources Policy*, Vol. 82, 103500. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.103500>
29. Islam, M.M., Sohag, K., Mariev, O. (2024). Mineral import demand-driven solar energy generation in China: A threshold estimation using the counterfactual shock approach. *Renewable Energy*, Vol. 221, 119764. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2023.119764>
30. Li, C., Li, X., Zhang, M., Yang, B. (2024). Sustainable development through clean energy: The role of mineral resources in promoting access to clean electricity. *Resources Policy*, Vol. 90, 104675. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2024.104675>
31. Hotchkiss, E., Urdaneta, M.P., Bazilian, M.D. (2024). Comparing methods for criticality and security in minerals for clean energy. *The Extractive Industries and Society*, Vol. 17, 101402. <https://doi.org/10.1016/j.exis.2023.101402>
32. Friedman, M. (1949). The Marshallian demand curve. *Journal of Political Economy*, Vol. 57, No. 6, 463–495. <https://doi.org/10.1086/256879>
33. Panwar, N.L., Kaushik, S.C., Kothari, S. (2011). Role of renewable energy sources in environmental protection: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 15, Issue 3, 1513–1524. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.11.037>
34. Islam, M.M., Sohag, K., Alam, M.M. (2022). Mineral import demand and clean energy transitions in the top mineral-importing countries. *Resources Policy*, Vol. 78, 102893. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2022.102893>
35. Breusch, T.S., Pagan, A.R. (1980). The Lagrange multiplier test and its applications to model specification in econometrics. *The Review of Economic Studies*, Vol. 47, Issue 1, 239–253. <https://doi.org/10.2307/2297111>
36. Pesaran, M.H. (2020). General diagnostic test for cross-sectional dependence in Panels. *Empirical Economics*, Vol. 60, 13–50. <https://doi.org/10.1007/s00181-020-01875-7>
37. Pesaran, M.H. (2007). A simple panel unit root test in the presence of cross-section dependence. *Journal of Applied Econometrics*, Vol. 22, Issue 2, 265–312. <https://doi.org/10.1002/jae.951>
38. Driscoll, J.C., Kraay, A.C. (1998). Consistent covariance matrix estimation with spatially dependent panel data. *Review of Economics and Statistics*, Vol. 80, Issue 4, 549–560. <https://doi.org/10.1162/003465398557825>
39. Millo, G. (2014). Maximum likelihood estimation of spatially and serially correlated panels with random effects. *Computational Statistics & Data Analysis*, Vol. 71, 914–933. <https://doi.org/10.1016/j.csda.2013.07.024>
40. Dumitrescu, E.-I., Hurlin, C. (2012). Testing for Granger non-causality in heterogeneous panels. *Economic Modelling*, Vol. 29, Issue 4, 1450–1460. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2012.02.014>

41. Langkau, S., Espinoza, L.A.T. (2018). Technological change and metal demand over time: What can we learn from the past? *Sustainable Materials and Technologies*, Vol. 16, 54–59. <https://doi.org/10.1016/j.susmat.2018.02.001>
42. Giurco, D., Dominish, E., Florin, N., Watari, T., McLellan, B. (2019). Requirements for minerals and metals for 100 % renewable scenarios. In: *Achieving the Paris Climate Agreement Goals*. Edited by S. Teske. Springer, 437–457. https://doi.org/10.1007/978-3-030-05843-2_11
43. Buchholz, P., Brandenburg, T. (2018). Demand, supply, and price trends for mineral raw materials relevant to the renewable energy transition wind energy, solar photovoltaic energy, and energy storage. *Chemie Ingenieur Technik*, Vol. 90, Issue 1–2, 141–153. <https://doi.org/10.1002/cite.201700098>
44. Mudakkar, S.R., Zaman, K., Khan, M.M., Ahmad, M. (2013). Energy for economic growth, industrialization, environment and natural resources: Living with just enough. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 25, 580–595. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.05.024>
45. De Ridder, M. (2013). *The Geopolitics of Mineral Resources for Renewable Energy Technologies*. The Hague Centre for Strategic Studies, 27 p. Available at: https://hcss.nl/wp-content/uploads/2013/08/The_Geopolitics_of_Mineral_Resources_for_Renewable_Energy_Technologies.pdf
46. Hu, Y., Zhang, Y., Bao, S., Liu, T. (2012). Effects of the mineral phase and valence of vanadium on vanadium extraction from stone coal. *International Journal of Minerals, Metallurgy, and Materials*, Vol. 19, Issue 10, 893–898. <https://doi.org/10.1007/s12613-012-0644-9>
47. Joshi, J.M., Dalei, N.N., Mehta, P. (2021). Estimation of gross refining margin of Indian petroleum refineries using Driscoll-Kraay standard error estimator. *Energy Policy*, Vol. 150, 112148. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112148>

INFORMATION ABOUT AUTHOR

Md. Monirul Islam

Researcher, School of Economics and Management, Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia (620002, Yekaterinburg, Mira street, 19); Associate Professor, Bangladesh Institute of Governance and Management, University of Dhaka, Dhaka, Bangladesh (E-33, Sher-E-Bangla Nagar, Agargaon, Dhaka — 1207); ORCID <https://orcid.org/0000-0002-9818-1676> e-mail: monirul.islam@bigm.edu.bd

ACKNOWLEDGMENTS

This study was supported by the grant of the Russian Science Foundation (RSF Code: 23–18–01065).

FOR CITATION

Islam, M.M. (2024). A Cross-Country Examination of Mineral Import Demand and Wind Energy Generation: Empirical Insights from Leading Mineral Importers. *Journal of Applied Economic Research*, Vol. 23, No. 1, 6–32. <https://doi.org/10.15826/vestnik.2024.23.1.001>

ARTICLE INFO

Received January 4, 2024; Revised February 12, 2024; Accepted February 25, 2024.

Межстрановое исследование спроса на импорт полезных ископаемых и ветроэнергетики: эмпирические данные ведущих импортеров полезных ископаемых

Мд. Монирул Ислам  

Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б. Н. Ельцина,
г. Екатеринбург, Россия

Университет Дакки,
г. Дакка, Бангладеш

 monirul.islam@bigm.edu.bd

Аннотация. Актуальность данного исследования связана с использованием минеральных продуктов в качестве важнейших промышленных ресурсов для производства оборудования для возобновляемых источников энергии, что вызвало рост спроса и цен на основные полезные ископаемые. Цель исследования – изучить функцию импорт-спрос на металлические минеральные товары с применением метода квантилей через моменты (MM-QR) с учетом потенциальной неоднородности по выборке пяти ведущих стран – потребителей полезных ископаемых (стран-импортеров). Набор данных, охватывающий период с 1996 по 2021 г., анализируется для проверки гипотезы о влиянии ветроэнергетических мощностей на потребности в импорте полезных ископаемых с учетом цен на минеральные товары, обменных курсов и роста доходов. Мы наблюдаем монотонную благоприятную реакцию импорта полезных ископаемых на ветрогенерацию по всем квантилям. Однако при рассмотрении квадратичной формы производства ветровой энергии спрос на импорт полезных ископаемых демонстрирует монотонную обратную тенденцию по мере увеличения размеров ветрогенерации. Полученные результаты свидетельствуют о неожиданном выявлении монотонного положительного влияния цен на медь на импортный спрос на полезные ископаемые, что противоречит теореме Маршалла о ценах. И наоборот, реакция импорта полезных ископаемых на валютные курсы остается стабильно положительной без модуляции. Кроме того, мы наблюдаем немонотонную связь между фактором дохода и импортом полезных ископаемых, что указывает на то, что реакция импорта полезных ископаемых на экономический рост остается положительной до тех пор, пока не будет достигнут определенный порог, за которым она имеет тенденцию к стабилизации. Теоретическая и практическая значимость этих выводов заключается в стимулировании торговли минеральными товарами для достижения цели перехода к чистой энергии для декарбонизации глобальной окружающей среды.

Ключевые слова: импорт полезных ископаемых; установленная мощность ветра; подход MM-QR; пять ведущих стран-импортеров полезных ископаемых.

Список использованных источников

1. Islam M. M., Sohag K., Hammoudeh S., Mariev O., Samargandi N. Minerals import demands and clean energy transitions: A disaggregated analysis // Energy Economics. 2022. Vol. 113. 106205. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2022.106205>

2. Dallas J. A., Raval S., Saydam S., Dempster A. G. Investigating extraterrestrial bodies as a source of critical minerals for renewable energy technology // *Acta Astronautica*. 2021. Vol. 186. Pp. 74–86. <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2021.05.021>
3. Calvo G., Valero A. Strategic mineral resources: Availability and future estimations for the renewable energy sector // *Environmental Development*. 2021. Vol. 41. 100640. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2021.100640>
4. Islam M. M., Sohag K., Berezin A., Sergi B. S. Factor proportions model for Russian mineral supply-driven global energy transition: Does externality matter? // *Energy Economics*. 2024. Vol. 129. 107242. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2023.107242>
5. Bilgili M., Ozbek A., Sahin B., Kahraman A. An overview of renewable electric power capacity and progress in new technologies in the world // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2015. Vol. 49. Pp. 323–334. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.04.148>
6. Islam M. M., Sohag K., Mariev O. Geopolitical risks and mineral-driven renewable energy generation in China: A decomposed analysis // *Resources Policy*. 2023. Vol. 80. 103229. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2022.103229>
7. Machado J. A.F., Silva J. M.C.S. Quantiles via moments // *Journal of Econometrics*. 2019. Vol. 213, Issue 1. Pp. 145–173. <https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2019.04.009>
8. Sohag K., Kliestik T., Shams S. M.R., Mariev O., Davidson N. Capital market deepening, Governor's characteristics and Russian regional enterprises: A big data analysis // *Journal of Business Research*. 2022. Vol. 149. Pp. 340–352. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2022.05.035>
9. Sohag K., Chukavina K., Samargandi N. Renewable energy and total factor productivity in OECD member countries // *Journal of Cleaner Production*. 2021. Vol. 296. 126499. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126499>
10. Valero A., Valero A., Calvo G., Ortego A. Material bottlenecks in the future development of green technologies // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2018. Vol. 93. Pp. 178–200. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.05.041>
11. Teske S., Sawyer S., Schäfer O. Energy [r] Evolution: A Sustainable World Energy Outlook 2015: 100 % Renewable Energy for All. Greenpeace International, 2015. URL: <https://elib.dlr.de/98314/1/Energy-Revolution-2015-Full.pdf>
12. Månberger A., Stenqvist B. Global metal flows in the renewable energy transition: exploring the effects of substitutes, technological mix and development // *Energy Policy*. 2018. Vol. 119. Pp. 226–241. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.04.056>
13. Valero A., Valero A., Calvo G., Ortego A., Ascaso S., Palacios J.-L. Global material requirements for the energy transition. An exergy flow analysis of decarbonisation pathways // *Energy*. 2018. Vol. 159. Pp. 1175–1184. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.06.149>
14. Beylot A., Guyonnet D., Muller S., Vaxelaire S., Villeneuve J. Mineral raw material requirements and associated climate-change impacts of the French energy transition by 2050 // *Journal of Cleaner Production*. 2019. Vol. 208. Pp. 1198–1205. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.154>
15. Watari T., McLellan B. C., Giurco D., Dominish E., Yamasue E., Nansai K. Total material requirement for the global energy transition to 2050: A focus on transport and electricity // *Resources, Conservation and Recycling*. 2019. Vol. 148. Pp. 91–103. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.05.015>
16. Hanai K. Conflict minerals regulation and mechanism changes in the DR Congo // *Resources Policy*. 2021. Vol. 74. 102394. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2021.102394>
17. Tokimatsu K., Wachtmeister H., McLellan B., Davidsson S., Murakami S., Höök M., Yasuoka R., Nishio M. Energy modeling approach to the global energy-mineral nexus: A first look at metal requirements and the 2 C target // *Applied Energy*. 2017. Vol. 207. Pp. 494–509. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.05.151>
18. Bazilian M. D. The mineral foundation of the energy transition // *The Extractive Industries and Society*. 2018. Vol. 5, Issue 1. Pp. 93–97. <https://doi.org/10.1016/j.exis.2017.12.002>

19. *Fernandez V.* Price and income elasticity of demand for mineral commodities // *Resources Policy*. 2018. Vol. 59. Pp. 160–183. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2018.06.013>
20. *García D., Guzmán J. I.* Short-term price volatility and reversion rate in mineral commodity markets // *Mineral Economics*. 2020. Vol. 33, Issue 1. Pp. 217–229. <https://doi.org/10.1007/s13563-019-00190-7>
21. *Church C., Crawford A.* Minerals and the metals for the energy transition: Exploring the conflict implications for mineral-rich, fragile states // *Lecture Notes in Energy*. 2020. Vol. 73. Pp. 279–304. https://doi.org/10.1007/978-3-030-39066-2_12
22. *Aldakhil A. M., Nassani A. A., Zaman K.* The role of technical cooperation grants in mineral resource extraction: Evidence from a panel of 12 abundant resource economies // *Resources Policy*. 2020. Vol. 69. 101822. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2020.101822>
23. *Nassani A. A., Aldakhil A. M., Zaman K.* Ecological footprints jeopardy for mineral resource extraction: Efficient use of energy, financial development and insurance services to conserve natural resources // *Resources Policy*. 2021. Vol. 74. 102271. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2021.102271>
24. *Bainton N., Kemp D., Lèbre E., Owen J. R., Marston G.* The energy-extractives nexus and the just transition // *Sustainable Development*. 2021. Vol. 29, Issue. 4. Pp. 624–634. <https://doi.org/10.1002/sd.2163>
25. *Sprecher B., Kleijn R.* Tackling material constraints on the exponential growth of the energy transition // *One Earth*. 2021. Vol. 4, Issue 3. Pp. 335–338. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2021.02.020>
26. *Vakulchuk R., Overland I.* Central Asia is a missing link in analyses of critical materials for the global clean energy transition // *One Earth*. 2021. Vol. 4, Issue 12. Pp. 1678–1692. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2021.11.012>
27. *Islam M.M., Sohag K.* Mineral import demand and wind energy deployment in the USA: Co-integration and counterfactual analysis approaches // *Mineral Economics*. 2023. Vol. 36. Pp. 697–717. <https://doi.org/10.1007/s13563-023-00382-2>
28. *Yu D., Wenhui X., Anser M. K., Nassani A. A., Imran M., Zaman K., Haffar M.* Navigating the global mineral market: A study of resource wealth and the energy transition // *Resources Policy*. 2023. Vol. 82. 103500. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.103500>
29. *Islam M. M., Sohag K., Mariev O.* Mineral import demand-driven solar energy generation in China: A threshold estimation using the counterfactual shock approach // *Renewable Energy*. 2024. Vol. 221. 119764. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2023.119764>
30. *Li C., Li X., Zhang M., Yang B.* Sustainable development through clean energy: The role of mineral resources in promoting access to clean electricity // *Resources Policy*. 2024. Vol. 90. 104675. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2024.104675>
31. *Hoichkiss E., Urdaneta M. P., Bazilian M. D.* Comparing methods for criticality and security in minerals for clean energy // *The Extractive Industries and Society*. 2024. Vol. 17. 101402. <https://doi.org/10.1016/j.exis.2023.101402>
32. *Friedman M.* The Marshallian demand curve // *Journal of Political Economy*. 1949. Vol. 57, No. 6. Pp. 463–495. <https://doi.org/10.1086/256879>
33. *Panwar N. L., Kaushik S. C., Kothari S.* Role of renewable energy sources in environmental protection: A review // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2011. Vol. 15, Issue 3. Pp. 1513–1524. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.11.037>
34. *Islam M. M., Sohag K., Alam M. M.* Mineral import demand and clean energy transitions in the top mineral-importing countries // *Resources Policy*. 2022. Vol. 78. 102893. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2022.102893>
35. *Breusch T. S., Pagan A. R.* The Lagrange multiplier test and its applications to model specification in econometrics // *The Review of Economic Studies*. 1980. Vol. 47, Issue 1. Pp. 239–253. <https://doi.org/10.2307/2297111>

36. Pesaran M. H. General diagnostic test for cross-sectional dependence in Panels // Empirical Economics. 2020. Vol. 60. Pp. 13–50. <https://doi.org/10.1007/s00181-020-01875-7>
37. Pesaran M. H. A simple panel unit root test in the presence of cross-section dependence // Journal of Applied Econometrics. 2007. Vol. 22, Issue 2. Pp. 265–312. <https://doi.org/10.1002/jae.951>
38. Driscoll J. C., Kraay A. C. Consistent covariance matrix estimation with spatially dependent panel data // Review of Economics and Statistics. 1998. Vol. 80. Issue 4. Pp. 549–560. <https://doi.org/10.1162/003465398557825>
39. Millo G. Maximum likelihood estimation of spatially and serially correlated panels with random effects // Computational Statistics & Data Analysis. 2014. Vol. 71. Pp. 914–933. <https://doi.org/10.1016/j.csda.2013.07.024>
40. Dumitrescu E.-I., Hurlin C. Testing for Granger non-causality in heterogeneous panels // Economic Modelling. 2012. Vol. 29, Issue 4. Pp. 1450–1460. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2012.02.014>
41. Langkau S., Espinoza L. A.T. Technological change and metal demand over time: What can we learn from the past? // Sustainable Materials and Technologies. 2018. Vol. 16. Pp. 54–59. <https://doi.org/10.1016/j.susmat.2018.02.001>
42. Giurco D., Dominish E., Florin N., Watari T., McLellan B. Requirements for minerals and metals for 100 % renewable scenarios // Achieving the Paris Climate Agreement Goals. Edited by S. Teske. Springer, 2019, 437–457. https://doi.org/10.1007/978-3-030-05843-2_11
43. Buchholz P., Brandenburg T. Demand, supply, and price trends for mineral raw materials relevant to the renewable energy transition wind energy, solar photovoltaic energy, and energy storage // Chemie Ingenieur Technik. 2018. Vol. 90. Issue 1–2. Pp. 141–153. <https://doi.org/10.1002/cite.201700098>
44. Mudakkar S. R., Zaman K., Khan M. M., Ahmad M. Energy for economic growth, industrialization, environment and natural resources: Living with just enough // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2013. Vol. 25. Pp. 580–595. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.05.024>
45. De Ridder M. The Geopolitics of Mineral Resources for Renewable Energy Technologies. The Hague Centre for Strategic Studies, 2013. 27 p. URL: https://hcss.nl/wp-content/uploads/2013/08/The_Geopolitics_of_Mineral_Resources_for_Renewable_Energy_Technologies.pdf
46. Hu Y., Zhang Y., Bao S., Liu T. Effects of the mineral phase and valence of vanadium on vanadium extraction from stone coal // International Journal of Minerals, Metallurgy, and Materials. 2012. Vol. 19, Issue 10. Pp. 893–898. <https://doi.org/10.1007/s12613-012-0644-9>
47. Joshi J. M., Dalei N. N., Mehta P. Estimation of gross refining margin of Indian petroleum refineries using Driscoll-Kraay standard error estimator // Energy Policy. 2021. Vol. 150. 112148. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112148>

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Ислам Мд. Монирул

Исследователь Института экономики и управления Института экономики и управления Уральского федерального университета имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия (620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19); доцент Бангладешского института управления и менеджмента Университета Дакки, г. Дакка, Бангладеш (E-33, Sher-E-Bangla Nagar, Agargaon, Dhaka — 1207); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9818-1676>
e-mail: monirul.islam@bigm.edu.bd

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда (код РНФ: 23–18–01065).

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ

Ислам М. М. Межстрановое исследование спроса на импорт полезных ископаемых и ветроэнергетики: эмпирические данные ведущих импортеров полезных ископаемых // Journal of Applied Economic Research. 2024. Т. 23, № 1. С. 6–32. <https://doi.org/10.15826/vestnik.2024.23.1.001>

ИНФОРМАЦИЯ О СТАТЬЕ

Дата поступления 4 января 2024 г.; дата поступления после рецензирования 12 февраля 2024 г.; дата принятия к печати 25 февраля 2024 г.



Empirical Testing of Grossman's the Demand for Health Model: The Case of Russia

*Olga N. Volkova*¹  , *Aleksandra N. Volkova*² 

¹ *National Research University Higher School of Economics, Saint-Petersburg, Russia*

² *National Research University Higher School of Economics, Moscow, Russia*

 ovolkova@hse.ru

Abstract. Healthcare services constitute one of the most important markets as they are used by all people regardless of age, wealth, and worldview. In order to effectively manage both private and public healthcare systems and to expand the scope of services provided in a timely manner, it is necessary to understand the nature of the demand for health, depending on the development of society and individuals. This paper is devoted to the empirical testing of one of the most influential models of health economics – Michael Grossman's model of health demand – by means of econometrical modelling. We used data from RLMS HSE (Russia Longitudinal Monitoring Survey of HSE) for 2019 and 2020. The paper tested the hypotheses that educational level positively affects the demand for health, that women invest in their health more responsibly than men, that the “age” - “demand for health” link has non-linear character, and the rate of health amortization is not constant during the life of an individual. We concluded that health demonstrates the features of both consumption and investment good. It was also found that income affects the demand for health just within the consumption interpretation of this construct, not within the investment one. The study showed that people with a low income tend to consume medical services more actively by spending more time in hospitals. It can be assumed that demand for medical services will increase during the economic crisis, job cuts, inflation, and a drop in real incomes of the population. The results of the study may help to predict the demand and consumption of medical services and to facilitate decision-making in Russia's healthcare system in the future.

Key words: Grossman's model; demand for health; health economics; Russia; healthcare system; RLMS HSE.

JEL I15

1. Introduction¹

The market of medical and healthcare services is one of the most important public services, which is used by all people worldwide without exception, regardless of age, wealth and other factors. The health itself is a valuable resource of any individu-

al and the health capital is a part of human capital at all levels, from personal to macro economical.

Health capital at national level is a matter of government policy and is determined by its own factors of the demand. The understanding of these factors is essential for national healthcare systems authorities and policy makers. Developing national health-enhancing and health capital accumulation strategies requires understanding

¹ Authors thank E. A. Zazdravnykh for bringing this topic to our attention. We are also grateful to anonymous reviewer(s) for helpful comments on an earlier version.

what factors affect the demand for health. Identifying these factors is important for national health systems and policymakers and rises the challenges for researchers to examine what are the determinants of the demand for health in the given country.

In order to effectively manage both private and public medicine and expand the scope of services provided in a timely manner, it is necessary to understand what the demand for medicine will be, depending on personal attitudes, the development of society and the situation in the country.

This research was inspired by several facts.

First, health industry is growing fast, and policy makers want to know what factors define the demand for health and medical care.

Second, there is no consent about such factors, their significance, and the direction of impact.

Third, the model which is most important for the explanation of the demand for health, Michael Grossman's model (further — MGM), was tested over and over again, with different and contradictory results. Despite of the variety of studies there are no consensus about the determinants of the demand for health across regions, countries, social groups etc. We observe the absence of certainty about the factors defining the demand for health in specific countries including Russia.

The purpose of this paper is to find the determinants of the demand for health in Russia and to test how MGM works on given country data. So, this paper presents an attempt to cover a lacuna in our knowledge and to reveal how some selected factors impact the demand for health in Russia basing on the data of Russian Longitudinal Monitoring Survey — Higher School of Economics (RLMS-HSE).

Our research is about to contribute to the domain of country-specific researches touching upon the demand for health rather

than health as is. Education level and personal income will serve as the variables of our special interest.

The main question of our research is how the level of education and income level affect the demand for health in Russia.

The follow hypotheses were tested: is the demand for health stem from the two-fold character of health as an investment and a consumption good? Do the individual's education and income level affect his/her demand for health?

The set of Russian data (RLMS HSE database) for 2019 and 2020 years is used.

We operationalized the demand for health as an investment and a consumption good by the variables of the frequency of visits to the doctor and the use of in-hospital care, respectfully. These (possible) nexuses will reveal the impact of social trends and the economic situation in the country on the demand for medical services. The results of the study may form an assumption about the consumption of medical services in Russia in the near future. It is assumed that trends in higher education and declining incomes may increase or decrease the demand for health.

The rest of the paper is organized as follow. The Section 2 presents research background and the review of MGM inspired approaches and empirical results of the demand for health, healthcare, and some related topics. Section 3 is devoted to how our research is organized and explains data, methods and variables used in the modelling. Section 4 details our models and results description. In section 5 we discuss our results and compare them with other authors' results. Section 6 summarizes our results, presents limitations and directions for future research, and notes practical implications.

2. Background literature

Michael Grossman's model and the very concept of the demand for health

were proposed firstly in the seminal paper in 1972 [1] and developed later. Within this model framework, demand for health means the demand for being healthy. The author described a model of “demand for health” as the demand for any other consumer good used to satisfy a need — in this case, the need to be healthy. At the same time, this product — “health” — has all the same properties as other products. Its stock decreases over time caused by depreciation, i. e., the individual’s health status became worse with natural aging. Being a rational subject, a person can invest in his/her health — that is, to undergo preventive health examinations, communicate with a doctor, visit a doctor more often, take medication, follow doctor’s recommendations, exercise fitness and proper nutrition, treat diseases in a timely manner and keep a healthy lifestyle, and do other things to keep his/her physical state from getting worse as long as possible.

The initial MGM was widened, deepened, reshaped and advanced by Grossman himself and a lot of his successors and critics. The first brief review of main “theoretical and empirical extensions and applications of the framework for studying the demand for health and medical care” [2, p. 1] and the expected findings was made by Grossman in 10 years after his seminal paper first publishing. Author outlined his 1972 model in [3] where he discussed the theoretical and empirical issues regarding the investment and consumption models within the human capital framework of the demand for health. Later, Grossman investigated the link between health and education in [4] where he tested whether more schooling does cause better health, and in [5] where, while not doubting the significant link between education and health, he questioned its causal nature and the exogeneity of education variables.

Since its appearance, MGM became a starting point for the whole branch of

economic research — the health economics. There are two domains of theoretical and empirical literature within health economics. One domain is devoted to the link between “health” and other variables, while the second examines “the demand for health”. The boundary between these domains is rather vague. They both involve a list of factors and variables and use modelling to test hypotheses. What concept is used in each research project is defined by the underlying conceptual frameworks and how the variable of interest is operationalized in each particular study.

Mathematically, the demand for health in Grossman’s model is presented by utility function and constraints. Health is seen as a consumer commodity [6] or as an investment commodity [7]. The third point of view presents health as a generalized good, no pure investment neither pure consumption one [8, 9]. Another dimension of the presentation of the demand for health noted by Cropper [10] who saw the dichotomy between preventive care and treatment of health problems when they already occurred.

As a consumer commodity, health directly enters into the individual’s utility function, giving him healthy time, which is valuable itself. As an investment commodity, health determines the amount of time that the individual can spend on the production of other goods that he/she needs. When individuals invest into their health capital, they do it in anticipation of the benefits they could receive from the time spent healthy. It was also noted that an increase in the shadow price of health leads to both a decrease in the demand for medicine and an increase in the amount of resources that need to be invested in health.

The investment approach has a lot of adherents in the health economics and combines a large and growing body of research. Within this “investment” approach the demand for health and the choices related to

it are studied through intertemporal models within a human capital framework.

Grossman “views health as a durable capital stock that yields an output of healthy time” [3, p. 348]. It rises the individual’s productivity in job market and personal life. Potential productivity gains motivate persons to invest in their health.

As the results of the optimization analysis, Becker [11] derived models for the investments in health, lowering mortality and different aspects of health-related behavior. He distinguished three areas in the research domain “health as a human capital”: (i) the modelling of optimal investments in health by individuals, companies, and governments; (ii) the analysis of the value of life and willing to pay for health and life improvements and longevity; (iii) the search for links and complementarities between health and other factors and other types of human capital investments such as education, gender etc. [11, p. 379]. According to Becker’s description of health economics domain, our study is inside the third research area.

Treating health as an investment good, Galama & van Kippersluis [12] presented “an explicit theory of joint investment in skill capital, health capital, and longevity, with three distinct (and endogenous) phases of life: schooling, work, and retirement” [12, p. 3]. Distinguishing investments in health capital (e. g., medical care expenditures, fitness etc.) and investments in skill capital (e. g., expenditures on education and on-the-job training), authors found that “investment in skill capital raises the return to investment in health capital, and vice versa” [12, p. 1] that meant the complicated character of “health-education” nexus.

The “economical” approach to health as a human capital has been developing traditionally. Recently, the new approach raised within another paradigmatic frame, Bourdieusian sociological tradition of social capital which emphasizes social and

cultural issues in individual’s health care. Withing this “sociological” approach, health capital is defined “as the aggregate of the actual or potential resources possessed by a given agent that have the capacity to affect the position of agents in the social field of health” [13, p. 205].

So, “health capital” is seen by Grossman and his successors as one of the types of human capital with all its properties.

A lot of various socio-economic factors which could affect demand for health was tested and discussed within MGM since this model appearance. Some hypotheses were approved, others were declined. The interinfluence is studied between health capital and economic growth [14, 15], poverty and inequality [16, 17], children’s human capital accumulation [18], life expectancy [19], individual’s behavior [20, 21], etc.

Empirical testing of the demand for health model involves a lot of variables but the factor that attracts the widest interest of researchers is education. Great attention was paid to the impact of educational issues onto health, the demand for health and health-related behavior.

A lot of scholars recognize education as a fundamental cause for the health itself [22] and the demand for health [23]. Nevertheless, there are several specific explanations why education is so important. First, more educated people demonstrate better self-management of health state and maintain more effective communication with physicians during disease “comprehending what is being prescribed and then regimenting their daily routine to execute it” [24, p. 10934]. Moreover, the study [25] revealed that less educated people with low educational backgrounds are unable to understand what is useful and needed for their health. Educated people are more likely to spend lifetime in commendable activities like sports and healthy diet.

Second, education implies ability of a person to deal with information by more effective way, i. e., to process health and nutrition information and understand doctor's recommendations. There were reported the causal links between education and health-related behavior via the special health knowledge reception, information processing, and qualified evaluation of costs and benefits in life-long investments [26, 27]. More educated persons make healthier lifestyle choices, they are more likely to engage in health fostering activities, including amateur sports and active leisure time [28], they demand more health-oriented behavior and, finally, health.

Third, highly educated persons and whole nations spend a significant part of their higher incomes in consuming and pursuing a healthier standard of living [17], fighting against water and air pollution and for the betterment of the environment all around and for themselves personally. It's supposed that the more educated a person is, the more he/she realizes that it is more profitable to get sick as little as possible and work (and earn) as much as possible. It is assumed that getting an education reduces the shadow price of health, since more educated people reproduce the "health capital" more efficiently. The opportunity cost of time lost due to illness increases with education. As a consensus result, authors treat "education as a factor that increased one's efficiency in producing health and reducing the shadow price of investment at any given age" [29, p. 664].

Historically, "the demand for health" was focused on medical care or direct health services and was understood as "the service consisting of the control and/or management of diseases (or other unwanted physical or mental conditions) be they actual or potential" [30, p. 132]. Now, "the demand for health" concept also includes some preventive measures and costs such as fitness and sports, healthy food, well-

ness lifestyle etc. Such expanding of the concept shifted the focus of the demand for health researches from "disease-centered" to "healthy-life-centered".

Such wide modern approach leads to the variety of operationalizations of the demand for health using the monetary and non-monetary measures, medical-related and non-medical variables. Thus, it is possible to identify some measurable variables that define the demand for health. The proxies for the demand for health, health-care and healthy products are used to be both subjective (self-estimated state of health as in [31], or choice of healthy food as in [20]) and more impartial (having health insurance, as in [32]). The results of meta-analysis [33] show that there are a bounded set of variables used in different researches and the variety if their operationalizations.

A considerable quantity of country-specific papers constitutes the special stream of the empirical researches inspired by MGM. Many years after the initial MGM publication, Grossman [3] explained some parts of the health demand model in more detail, and empirically tested the effect of education level on the demand for medicine. To test Grossman's model in practice, data were taken from US national representative survey conducted by the National Opinion Research Center and the Center for Health Administration Studies of the University of Chicago. The self-assessed level of health was taken as the health stock, and the demand for health was measured by the amount of money spent on medical services and goods. Age, number of years of education, salary and family income were used as independent variables. The first one, "Age", is found to have a negative effect on health, and the rest variables had a positive effect on the dependent variable "demand for health", which were in-line with common sense. As a result, the "net consumption" model

(health is a consumer good) was confirmed by the coefficients.

Other authors report other results. The non-linear character of the “age — demand for health” link is found in [34]. The results of Johes and coauthors support the concept of the demand for health as investment good. They also showed that “the demand for medical care also rises with the wage” [34, p. 15] that means the direct link between income and the demand for health.

The difference in demand for health among employed people and the general population was the main research question in the paper [35] where the authors took the probability of being healthy as a dependent variable used to measure health demand. The results show that income and education have a positive effect on the likelihood of being healthy, and other regressors have the same signs as in MGM.

One of the most comprehensive studies of the MGM relevance was carried out in [36]. Authors tested the influence of all possible explanatory variables used in previous studies; the dependent variable was spendings on medical services in different countries. Data were used for 24 developed countries of the OECD (Organization for Economic Cooperation and Development), which means that the results are typical for most Western countries, and not for any individual country. As a result, the direct dependence of the cost of medical services on wages was confirmed, just like the positive effect of the number of years of education among adults and the negative effect of tobacco consumption. In addition, it has been confirmed that health is a perfect consumption good (net consumption model) and not an investment good (net investment model). This result means that utility is achieved by reducing sickness time and increasing healthy time, rather than using health as a way to make more money.

Besides a great interest, Grossman’s model had attracted a significant critique.

Researchers see problems with the MGM itself and with its empirical testing. The problems with model reported by the researchers are the ambiguity and unlikelihood of presuppositions. Another wave of critique touches the observability and measurement of the variables included in the MGM. Firstly, it was noted in [37] that the desired level of health is not achieved instantly, which leads to incorrect signs of the coefficients. Secondly, the non-observability of health capital, which is a mandatory component of the health demand model, was proposed to be solved by an indicator of health status (categorical variable).

Zweifel [38] sees the main problem in the subjectivity of individual preferences and the fact that the Grossman model does not include stochastics. He criticized the implausibly long planning horizon in health planning and its economic benefits (whole life), firstly. Secondly, the fixed ratio of the costs of medical services and the prices of self-promotion activities (healthy lifestyle) is not applicable to real life. Thirdly, the author finds it wrong to think that in all circumstances it is equally possible to restore health to the desired level. The author of the article explains that healthy and sick people value healthy time differently, which means they are ready for different expenses for treatment and maintaining their health. In addition, the state of human health was proposed to be assessed using the random probability of being sick or healthy. At the same time, a person’s choice regarding investments in his health depends on whether he/she is currently sick or healthy. In addition, the author concludes that the more medical care is provided to an individual, the faster health is restored, and the healthier person’s life becomes, and the longer a person remains healthy, the less he/she cares about his/her health and becomes less motivated for this.

The authors of mentioned above and other articles came to consensus about the

irrelevance of the Grossman model in its original form.

A lot of other papers devoted to Grossman's model testing on real data from different countries to infer its plausibility. We've found some papers whose research questions and hypotheses were close to ours.

Fletcher & Frisvold [23] investigated what factors (with years of education as a focus) affected preventive health care on Wisconsin (USA) high school graduates' data. They use answers for some questions ("whether an individual has received a flu shot, cholesterol test, physical exam, and dental exam" [23, p. 5] during last 12 month) as proxies for the for the respondents' preventive health care use. Within the conceptual framework of health as an investment good, authors reported that "there are important spillover effects of increasing education in the context of increasing one domain of health — preventive health care choices" [23, p. 13]. Their main result was accompanied by other outputs of modeling, namely the significance of gender (positive link for the being woman variance) and age and general insignificance of family income (of all variables which denoted a demand for the demand for preventive care, only a "dental care" demonstrate a significant link with income variable).

The similar results were reported in [39] for Italian residents. Italy is a developed European country with the health system organized like Russian one: "The Italian National Health system (NHS) provides universal and largely free health care coverage to all residents" [39, p. 3]. Similar to our research, authors used investment-associating dependent variables (inter alia, visits to doctor, like in our research) and consumption-associating variable (dummy "Serious Health Problems"). Their main results were twofold: in the investment models they got a positive link with education and an absence of correlation with income,

in the consumption models the education was insignificant and income found to have a negative link with dependent variable of health.

We've found just two studies closest to the topic of our research which are explored the demand for health in Russia and built on data of the Russia Longitudinal Monitoring Survey (the RLMS-HSE).

First of them, Burggraf et al. [40] analyzes Russian demand for health on 1996–2008 data. Authors took various factors that influence the frequency of visits to the doctor and the amount of money spent on treatment. The demand for health is treated to be same as the demand for medical care and prescriptions and "constructed by ranking various dichotomous indicators beginning with a score of zero for no demand for medical care and ending up with a score of six indicating a hospital stay and further prescribed medicine" [40, p. 47]. Their results confirmed most of the provisions of the Grossman model. Price level, income, age, level of education, and other factors were found affecting the dependent variable (the demand for medical care) with the sign, positive or negative, as it was predicted by MGM. The only regressor which demonstrated the reverse behavior comparing with the studies made for other countries was the state of health; as Burggraf et al. reported, for Russians, the state of health negatively affects the demand for medical services.

The second paper [41] used the RLMS-HSE data for 2006–2017 and estimate the income elasticity of spending on the healthcare services and medication in Russia assuming the non-linear relationship between income level and expenditure. They developed the demand for medical care as "household expenditure on healthcare services and/or medicines" [41, p. 346] and found the different income elasticity of total health spending between the high- and low-income groups. This result is con-

sistent with other studies for developing countries.

Both mentioned papers treated the demand for health via consumption of medical care and eliminated other health issues like healthy food consumption, physical exercises etc.

3. Data, Methods and Variables

We used RLMS-HSE database (Russian Monitoring of the Economic Situation and Health of the Population of the National Research University Higher School of Economics, further — RLMS-HSE), which contained the results of an annual survey of the Russian population on various social and economic aspects of life. The data was taken for two most recent available years — 2019 and 2020.

We should mention an important limitation of any health research within this period. 2020 was the starting year of the COVID19 pandemic, the year of great disturbances for the healthcare systems and population health all around the world.

As the RLMS-HSE survey contains the subjective responses of individuals we can suppose some biases in the respondents' awareness and feeling which could affect the model errors and even the change of the demand for health tendency, in short- or even long-term.

To investigate the demand for health and the factors that influence it, it is necessary to take data on the respondent's socioeconomic status (SES), i. e., information about a certain determinant of demand for medical services and information about the respondents themselves. First, their level of education and level of income are used as the variables of interest, and secondly, the variables which were chose as control variables are following: the respondent's gender, age, marital status, self-assessed level of health (as the "seed capital of health"), information about the presence of any disease recently, household size, social status,

and some information about lifestyle or bad habits. These variables were chosen from the variety of parameters uses in other researches [42].

Demand for medical services can be measured in two ways: by total monetary expenditure on health and by the quantity of medical services consumed. The first way is not appropriate for us due to the nature of Russian health system and the character of our dataset. The medical services under the policy of compulsory health insurance are free for all citizens in Russia, so most people use free public medicine. Unlike the paid health services, the respondents of the RLMS-HSE cannot evaluate properly the share and cash amount of such services. Possible respondent's estimates would be too subjective and that is why database do not contain monetary evaluations of health expenditures.

Since there were no data on the costs of visiting doctors and buying medicines, we decided to take the results of the answer to two survey questions as a dependent variable. These questions are: "How often do you visit a doctor during the year?" and "How many days out of the last three months did you spend in the hospital?" since visiting doctors and being in the hospital can be seen as a consumption of medical services. The RLMS-HSE treats the first of those variables as categorical and subdivides it into 5 categories based on the approximate frequency of visits. The second variable is ordinal.

To measure first independent variable, the level of education, we took a categorical variable with information about the respondent's highest level of completed education. The variable contains 4 categories. The second independent variable is the respondent's income. The RLMS-HSE contains data on the household income, not personal. Since many people, like children, do not have their own income and live off their relatives, and many other people, on the con-

trary, support dependents who do not receive their own income, we had to transform the household income variable into the personal income variable. We did it by dividing the total household income into the number of household members. To eliminate the impact of inflation and wage increases, income per capita was taken at real prices.

Control variables were taken as is, unchanged. These are: the year within chosen period, type of the inhabited settlement where the respondent lives, age, gender, marital status, self-assessment of the degree of power and respect in the society, state of health according to the respondent, presence of any disease in the last month, preventive visits to the doctor without the urgent need, number of people in the household, number of cigarettes that a person smokes per day.

All categorical variables are coded in ascending order of their main feature, that is, for example, the settlement with the smallest population (village) is coded as 1, and with the largest population (regional center) as 4.

In total, the dataset under study consists of 35,749 observations over a total of 2 years.

Just like the authors [40] who analyzed the Russian demand for medicine our calculations and modelling were carried out in the STATA program.

Finally, the variables studied in our research are the following:

- visits — frequency of visits to the doctor (from 1 (rarely) to 5 (often));
- hospital — the number of days spent in the hospital in the last 3 months;
- graduate — level of education (from 1 (even the secondary school has not been completed) to 4 (bachelor's, master's or other degree got));
- income — the logarithm of per capita income in real prices;
- gender — gender (0 — female, 1 — male);

- age — age, years;
- mar — marital status (1 — married, 0 — not married);
- year — the year of the survey;
- locality — the size of the settlement (from 1 (village) to 2 (urban settlement), 3 (city) and 4 (regional center));
- members — the number of people in the household;
- health_status — self-assessed health status (from 1 (very poor) to 5 (very good));
- regular_visit — self-assessed habit to visiting a doctor preventively, without urgent need (1 — attends, 0 — does not attend);
- health_problems — the presence of health problems in the last 30 days (1 — yes, 0 — no);
- cigarettes — the number of cigarettes a person smokes per day;
- power — degree of perception of how authoritative the respondent feels, as he/she perceives it (on a scale from 1 to 9);
- respect — the degree of perception how respected the respondent feels, as he/she perceives it (on a scale from 1 to 9).

Contingency analysis for the main variables was implemented. Pearson's chi-squared test for the pairs of variables "visits (frequency of visiting a doctor) and graduate (level of education)" and "hospital (number of days spent in the hospital in the last 3 months) and graduate (level of education)".

We were comparing the chi-squared value with the critical value from the chi-squared distribution with 12 and 270, respectively, degrees of freedom and the confidence level of 0,01. The hypothesis (H1 = there is a difference between the distributions) can be accepted with the selected level of confidence. Hence, we can suspect the statistically significant link between the variables under the investigation.

We live aside the theoretical possibility of interdependence of some our variables [43] and count them as independent basing on our contingency analysis and the fact that the authors of previous papers on the healthcare in Russia [40, 41] treated variables as an independent as well.

4. Models and Results

The traditional way to evaluate the influence of any parameters on a dependent indicator is regression. We followed this way. All regressions are based on data from respondents over 17 years of age.

As mentioned above, the study considers two different dependent variables (frequency of visits to the doctor and number of days spent in the hospital in the last 3 months). First, consider how various factors affect the first of them.

4.1. Regression on doctor visits

The frequency of visits to doctor, within the RLMS-HSE, is the ordinal dependent variable, whose frequency ranges from rarely to often. So, we basically used to order logistic regression (OLR) to predict “visits” variable frequency. The supporting method to analyze the variables links was least-squares regression (LSR).

Two variations of the regressions were performed: with all 14 explanatory variables and with 15 ones (added a variable of the squared age). The regression equations took the following form:

$$\begin{aligned} \text{visits}' = & \beta_0 + \beta_1 * \text{graduate} + \\ & + \beta_2 * \text{income} + \beta_3 * \text{gender} + \\ & + \beta_4 * \text{age} + \beta_5 * \text{mar} + \beta_6 * \text{year} + \\ & + \beta_7 * \text{locality} + \beta_8 * \text{members} + \\ & + \beta_9 * \text{health_status} + \\ & + \beta_{10} * \text{regular_visit} + \\ & + \beta_{11} * \text{health_problems} + \\ & + \beta_{12} * \text{cigarettes} + \beta_{13} * \text{power} + \\ & + \beta_{14} * \text{respect} + \varepsilon_i \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \text{visits}'' = & \beta_0 + \beta_1 * \text{graduate} + \\ & + \beta_2 * \text{income} + \beta_3 * \text{gender} + \\ & + \beta_4 * \text{age} + \beta_5 * \text{mar} + \beta_6 * \text{year} + \\ & + \beta_7 * \text{locality} + \beta_8 * \text{members} + \\ & + \beta_9 * \text{health_status} + \\ & + \beta_{10} * \text{regular_visit} + \\ & + \beta_{11} * \text{health_problems} + \\ & + \beta_{12} * \text{cigarettes} + \\ & + \beta_{13} * \text{power} + \beta_{14} * \text{respect} + \\ & + \beta_5 * \text{age_squared} + \varepsilon_i \end{aligned} \quad (2)$$

Table 1 shows the regressions coefficients estimated using two methods: OLR and LSR.

In all cases (models (1) and (2), ordered logistic regressions and least-squares regressions), the level of education has a significant positive coefficient, which means that the more educated a person is, the more often he/she goes to the doctor, other things being equal. As the coefficients on income are not significant, hence nothing can be said about the level of income based on such a regression, it is impossible to say how wealth correlates with the frequency of visits to the doctor. This result is approved by Pearson’s chi-squared, Cramer’s V, and Kendall’s tau-b tests.

4.2. Regression on the number of days spent in the hospital in the last 3 months

This part of research is devoted to the models that figured the second dependent variable — the number of days spent in the hospital in the last 3 months. As this variable is quantitative, simple least squares (OLS) regression can be used here.

Regressors are also evaluated using 2 regression options: with 14 explanatory variables and with 15 (a variable about age is added in the square). They look like (1) and (2) equations with the only difference: the dependent variable is “hospital” and counts days spent in the hospital in the last 3 months (Table 2).

Table 1. Ordered logistic regression and least-squares regression coefficients on "visits" variable (t-statistics in parentheses)

	Ordered logistic regression		Least-squares regression	
	Visits' (model 1)	Visits'' (model 2)	Visits' (model 1)	Visits'' (model 2)
graduate	0.117*** (4.54)	0.121*** (4.69)	0.0545*** (4.49)	0.0562*** (4.65)
income	-0.0111 (-0.33)	-0.0198 (-0.59)	-0.00543 (-0.35)	-0.00997 (-0.65)
gender	-0.413*** (-7.46)	-0.447*** (-8.03)	-0.197*** (-7.54)	-0.212*** (-8.13)
age	-0.00388 (-1.91)	-0.0692*** (-6.06)	-0.00168 (-1.76)	-0.0333*** (-6.22)
mar	0.0338 (0.61)	0.111 (1.93)	0.00626 (0.24)	0.0431 (1.61)
year	-0.0746 (-1.57)	-0.0736 (-1.55)	-0.0472* (-2.11)	-0.0459* (-2.06)
locality	0.106*** (5.10)	0.105*** (5.04)	0.0503*** (5.15)	0.0496*** (5.09)
members	0.0244 (1.66)	0.0238 (1.62)	0.0117 (1.68)	0.0113 (1.62)
health_status	-0.824*** (-18.44)	-0.825*** (-18.43)	-0.388*** (-19.05)	-0.387*** (-19.04)
regular_visit	1.034*** (17.48)	1.043*** (17.63)	0.515*** (18.41)	0.519*** (18.61)
health_problems	0.848*** (14.09)	0.823*** (13.64)	0.424*** (15.26)	0.410*** (14.76)
cigarettes	-0.0193*** (-5.34)	-0.0172*** (-4.73)	-0.00813*** (-4.91)	-0.00701*** (-4.21)
power	0.0792*** (4.68)	0.0791*** (4.67)	0.0341*** (4.28)	0.0337*** (4.24)
respect	0.0761*** (4.52)	0.0751*** (4.46)	0.0297*** (3.80)	0.0292*** (3.75)
age_squared		0.000702***		0.000338***

End of table 1

	Ordered logistic regression		Least-squares regression	
	Visits' (model 1)	Visits" (model 2)	Visits' (model 1)	Visits" (model 2)
		(5.81)		(6.00)
_cons			98.13*	96.31*
			(2.17)	(2.14)
cut1	-153.1	-152.4		
	(-1.60)	(-1.59)		
cut2	-151.7	-151.0		
	(-1.58)	(-1.57)		
cut3	-149.3	-148.6		
	(-1.56)	(-1.55)		
cut4	-147.8	-147.1		
	(-1.54)	(-1.53)		
N	6350	6350	6350	6350
LR chi2	1453.34	1487.08		
Pseudo R2	0.0880	0.0900		
F-statistics			123.27	118.09
R-squared			0.2141	0.2185

Note: *t* statistics in parentheses mean: * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

Source: authors' calculations

Table 2. Least-squares regression coefficients on "hospital" variable (t-statistics in parentheses)

	Hospital' (model 1)	Hospital" (model 2)
graduate	0.0275	0.0289
	(0.87)	(0.91)
income	-0.137***	-0.141***
	(-3.40)	(-3.48)
gender	0.0572	0.0451
	(0.84)	(0.66)
age	-0.00200	-0.0257
	(-0.80)	(-1.83)
mar	0.0515	0.0792

End of table 2

	Hospital ^l (model 1)	Hospital ^h (model 2)
	(0.75)	(1.13)
year	-0.101	-0.100
	(-1.73)	(-1.71)
locality	-0.00921	-0.00973
	(-0.36)	(-0.38)
members	-0.0151	-0.0154
	(-0.82)	(-0.84)
health_status	-0.386***	-0.385***
	(-7.23)	(-7.21)
regular_visit	0.346***	0.349***
	(4.72)	(4.76)
health_problems	0.633***	0.622***
	(8.69)	(8.52)
cigarettes	0.00642	0.00728
	(1.48)	(1.67)
power	-0.0133	-0.0135
	(-0.63)	(-0.65)
respect	0.00982	0.00948
	(0.48)	(0.46)
age_squared		0.000254
		(1.71)
_cons	206.9	205.4
	(1.75)	(1.74)
<i>N</i>	6376	6376
<i>F-статистика</i>	18.93	17.87
<i>R-squared</i>	0.0400	0.0404

Note: *t* statistics in parentheses mean: * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

Source: authors' calculations

We see a significant negative link between “income” and “hospital” variables and the insignificance of the “graduate” — “hospital” link. The later fact

is confirmed also by Bartlett's equal-variance test ($\chi^2(3) = 96.58$, Prob = 0.000) for subsamples of persons with equal education.

5. Discussion

Our research is gone on the massive of empirical tests of Michael Grossman model of the demand for health [22, 29, 5]. The common points of this massive are:

- 1) MGM is generally confirmed on the samples from different countries and regions,
- 2) the demand for health is seen mainly as a demand for the investment good [44, 45] or, less often, the consumption good [46, 3, 32],
- 3) education level or years of schooling is a determinant of the demand for health in the overwhelming majority of researches,
- 4) the impact of income, age, marital status, place of residence, and other factors to the demand for health is controversial.

Do our results on Russia data correspond to the results on other countries data? Two our variables of interest can be seen as characteristics of investment and consumption nature of health as a good. “Visits to doctor” reflects mainly a preventive care and can be viewed as a proxy for the health as an investment good. “Days in hospital” pictures the pure consumption side of the demand for health whereas individuals are

mostly admitted to the hospital in an emergency, not as part of a routine health check.

All models for both variables of interest are significant. It means that the demand for health in Russia demonstrate both sides and can be seen as an investment and consumption good at the same time. Nevertheless, models’ explanatory power is not large. We can suppose that there are other variables, probably unobservable or hardly quantifiable, which could enhance models.

We guess that it might be, particularly, some characteristics of the state health care system, such as an access to medical services covered by compulsory (free of charge for the state citizens) or / and voluntary (paid by consumer) health insurance, the geographical distribution of medical institutions and others. It could be interesting to introduce such variables in models but, unfortunately, the database that we use does not permit it directly.

Table 3 compares results for the models that reflect to investment and consumption sides of MGM. ‘Plus’ in the cell of the table means the positive link, minus means negative link between the given variable and the demand for health.

Table 3. The character of the links between different variables and the demand for health within investment and consumption models

	Independent variables	Investment model	Consumption model
1	Education	+	insignificant
2	Income	insignificant	–
3	Gender (0 — female, 1 — male)	–	insignificant
4	Age	U-shaped	insignificant
5	Marital status (1 — married, 0 — not married)	insignificant	insignificant
6	Year of the survey	significant/insignificant	insignificant
7	Size of the settlement (from 1 (village) to 2 (urban settlement), 3 (city) and 4 (regional center))	+	insignificant

End of table 3

	Independent variables	Investment model	Consumption model
8	Number of people in the household	insignificant	insignificant
9	Self-assessed health status (from 1 (very poor) to 5 (very good))	–	–
10	Self-assessed habit to visiting a doctor preventively (1 — attends, 0 — does not attend)	+	+
11	Self-assessed presence of health problems in the last 30 days (1 — yes, 0 — no)	+	+
12	Number of cigarettes a person smokes per day	–	insignificant
13	Degree of perception of how authoritative the respondent feels, as he/she perceives it (on a scale from 1 to 9)	+	insignificant
14	Degree of perception how respected the respondent feels, as he/she perceives it (on a scale from 1 to 9)	+	insignificant

Source: authors' calculations

First, the significance of education (line 1, table 3) for the demand for health was almost obvious because such link was found in other researches on different samples and countries. People with higher education tend to go to the doctor more often. It might be caused by several (or all together) reasons. Perhaps this is a manifestation of the fact that people are afraid of losing part of their earnings and tend to get sick as little as possible, or this is a consequence of their awareness and responsibility. We found the same link just for the investment side of the demand for health. We see that everyone sometimes commits preventive visits to doctor (line 11, table 3) but the higher the level of person's education the more he/she is ready to undertake it more often. The insignificance of the educational variable within consumption model could be explained by the way we operational-

ized it. Really, the hospital stay occurs mainly in the emergency, not as a part or planned or desired consumption of medical care services.

Second, as for the impact of income to demand for health (line 2, table 3), we got insignificance of income for the investment side of the demand for health ("visits to doctor" as proxy) and significance for the consumption part ("days in hospital" as proxy). The former result reaffirms the insignificance reported in [45] within the pure investment MGM on data from the 2000 China Health and Nutrition Survey database. But the later part is quite surprising. Intuitively, it might be contrariwise assuming that hospitalization in Russia occurs mostly in an emergent case and is covered by state insurance funds, whereas the preventive visits to doctor are often paid by the consumer directly or covered by voluntary insurance. These results are to

be detailed and deeply explained in future researches. It should be noted that the initial Grossman's model [1] supposed income as a significant factor of the demand for health because of health affected the number of days an individual can work and get salary and not be sick. The cost of healthy time for the high-income persons are higher so they will invest more in health through spending on medical goods and services, comparatively with low-income individuals. We see on the RLMS-HSE database that Grossman's assumptions work only for the consumption side, not as an investment one.

Third, our models confirm the results of other researchers that woman care their health more respectfully than man [29, p. 10]. This result (line 3, table 3) is significant for the investment side of the demand for health (woman invest personal resources more actively and/or often than man) and insignificant for the consumption model (individuals consume hospital care equally, just in emergent cases). As a result of contingency analysis, the number of days spent in the hospital is negatively correlated with an individual's income. Again, this can occur if individuals do not want to miss the time that they could earn money while in the hospital.

Fourth, the non-linear character of "age" — "demand for health" link (line 4, table 3) is observed in our research; this result is in line with many other papers [29]. Non-linearity of this link stems from the fact that the age was significant even in the models of (2) form, with Age_squared variable (see tables 1 and 2). There is a significant positive coefficient of age squared in the regression with 15 variables. If so, age seems to be in a quadratic relationship with the frequency of visits to the doctor. This means that the addiction has U-shape (parabola opens upwards), that is, in the first half of an individual's life, as a rule, visits to doctors become less and less, but af-

ter some point it begins to become more frequent. Our result means that the rate of health amortization is not constant during the life of individual: it falls in the early years and accelerates after some health-related optimal age as Grossman [5, p. 1810] supposed.

Fifth, for investment side of the demand for health, a significant negative coefficient for the year of the survey (line 6, table 3) were found with the OLS method and suggested that in 2020 (compared to 2019), people generally visited doctors less frequently. This result can be seen as effect of COVID-19 pandemic when the rigorous quarantine restrictions took place¹. This effect was not caught by other models (tables 1 and 2), and the coefficient is significant at the 5 % level comparatively with 1 % and 0,1 % level for other variables in the same model. So, we can admit this link as not important for the short-term analysis like our one. Nevertheless, it would be interesting to trace the possible long-term changes which would be induced by COVID19 itself and quarantine regimes associated with it.

Sixth, we observed that the scale of the settlement and some other attributes of respondents are significant for the investment side of demand for health. Living in a community with a large population (line 7, table 3), the habit of visiting a doctor sometimes for preventive purposes (line 10, table 3), the self-recognition of health problems in the last 30 days (line 11, table 3), and the self-assessment of the degree of perception of how authoritative (line 13, table 3) and respectful (line 14, table 3) the person is positively affect the demand for health, that is, lead to more frequent visits to the doctor. This effect can be explained by several causes, mainly by the accessibility of medical care in the big cities and by the intentions

¹ <https://стопкоронавирус.пф/news/>
<https://xn-80aesfpebagmfb1c0a.xn--plai/news/>

Table 4. The comparison of the results of our research with results of [39] and [36]

	Our research, investment models	Our research, consumption models	(Ponzo, Scoppa, 2021), investment models	(Ponzo, Scoppa, 2021), consumption models	(Fletcher and Frisvold, 2009), investment model
Education	+	insignificant	+	mainly * insignificant	+
Income	insignificant	—	mainly * insignificant	—	insignificant **
Dependent variables	Frequency of visits to doctor during last year	How many days out of the last three months the respondent spent in the hospital	Specialist (Doctor) Visits is a dummy variable taking the value of 1 if an individual undertook at least one specialist medical visit in the most recent four weeks and 0 otherwise	Serious Health Problems is a dummy equal to 1 if an individual had some health problems that limited daily activities in the most recent four weeks (and 0 otherwise).	Whether an individual has received some preventive care exams or tests during last 12 month
Data base and scope	RLMS HSE (Russia Longitudinal Monitoring Survey of HSE); 2019 and 2020		The Survey “Italian Health Conditions and Use of Health Services” provided by the Italian National Statistical Office (ISTAT); 2012–2013		Wisconsin (USA) Longitudinal Study (WLS); 1957, 1964, 1975, 1992–1994, and 2003–2007

Note: * “Mainly” means “in most models with different specification” which were performed in the given research; ** With one exemption: “income” is positively significant for one of the preventive exams and tests under consideration — “the dental exam”.

of big cities population to keep the healthy lifestyle, comparatively with the residents of small localities. These issues could be the effect of the more advanced education or higher income of big cities residents, but such links were not caught by our research.

Seventh, significant negative links with the dependent variables are observed with the state of health, self-assessed by the respondent (line 9, table 3), and the use of a large number of cigarettes (line 12, table 3). The former result is actual both for investment and for consumption sides of the demand for health, the later effect is seen just for investment side. We suppose these re-

sults to be quite expected. Under the general logics, healthy individuals visit doctors and begin treatment, i. e. make a demand for health, only when an urgent need is brewing, and do not think in advance about the importance of maintaining health, and vice-versa, the worse a person’s state of health, the more often he goes to the doctor. This logic contradicts to the original Grossman model which assumes the opposite. We could explain this discrepancy by national cultural differences.

Eighth, our regressions do not give any results regarding the relationship of marital status (line 5, table 3), and number of people in the household (line 8, table 3).

These variables are occurred insignificant in all models.

To compare our results with the results on other country we should address to studies with similar model specifications and research questions. These are [39] and [36]. Both these studies are based on self-assessment data from the national or state surveys where the responses of individuals from the developed countries, Italy and USA, are presented.

The first paper [39] contains tests the hypotheses close to our ones, so we can distinguish “the investment models” part and “the consumption models” part, as in our research. Authors report the same results as ours respectfully to education (positive link for investment models of the demand for health and insignificance for the consumption models), income (insignificance for investment models and negative link for the consumption models), gender and age. The second paper [36] is carried out within investment representation of MGM and its results are in line with our research too.

The comparison of the results reported in our study and in these papers is presented in Table 4.

So, the main features of the demand for health in Russia are compared to the demand for health in other countries with similar health care system organization and similar level of economic development.

6. Conclusion

In this study, the Russian demand for health was studied in the Michael Grossman’s model framework. We had tested two main hypotheses. The hypothesis about two-fold character of the demand for health was confirmed. It was shown on our database that health has the features of investment and consumption good at the same time. The second hypothesis was about the impact of the individual’s education and income onto the demand for health and was confirmed partially. It was tested

for the investment and consumption sides of health as a good, separately.

Considering health as an investment good, we found that more educated persons invest in their health more actively, especially if the person was woman and/or live in regional center, and/or non-smoker, and/or had high degree of self-perception. Looking at health as a consumption good, we found that income demonstrated a negative impact to the consumption of hospital treatment, whereas education was insignificant.

The assumption was confirmed that women invest in their health more responsibly than men, “age” — “demand for health” link has non-linear character, and the rate of health amortization was not constant during the life of individual.

Finally, we can say that not all our results coincide with the original MGM suppositions and the detailed results of other authors’ research. This means that the Grossman model cannot be applied in Russia in its original form. Nevertheless, altogether, we can conclude that in Russia the demand for medical services works in the same way as in other countries. Thus, one can see how the Grossman model and its derivatives can predict the demand for medicine, and how this can be used to develop the healthcare system.

As a result of the study, several conclusions can be drawn regarding the future demand for medical services in Russia.

On the one hand, the social trend towards higher education for more and more people and the increase in the average number of education levels per person, will increase the demand for health, medical care and healthy lifestyle in the future (in the long term). Every year, on average, people in Russia will think more and more about the importance of maintaining health, about the timely treatment of diseases and the need for scheduled health checks. Expanding volume of provided medical services will be a real challenge for the healthcare system,

public and private, and a great opportunity for its expanded development.

On the other hand, the study showed that people with low income tend to consume medical services more actively by spending more time in hospitals. It can be assumed that the demand for medical services will increase during the economic crisis, job cuts, inflation, and a drop in real incomes of the population. It means that it is probably worth expanding quantity and availability of medical services and medical organizations in the short term.

The limitations of this study are seen as follows.

The first one is the supposed endogeneity of the demand for health because the demand can largely depend on the personal qualities of the person (such as responsibility and foresight), which are difficult to assess and study. As a matter of fact, the demand for health is a complicated construct not only derived from the personal attitudes but also induced by person's surrounding,

from the immediate circle of communication to government structures. We did not focus our research on state, communities, and institutions but we admitted that the results of modelling were highly dependent on the institutional features of national healthcare system, medical insurance system, structures of inequality, dispersal of country's residents across the territory, etc.

Second, we exploited just the use of medical services as proxies for the demand for health whereas the modern comprehending of health is much broader and relates to the demand for fitness activities, healthy food and lifestyle, and others.

The third severe limitation is the positivist approach itself and the search for causal relations between factors. The interrelations, mutual and joint influence of variables were not taken into account in our models but it can be possible, at least in some national or institutional conditions. These issues are left for the future comparative studies.

References

1. Grossman, M. (1972). On the Concept of Health Capital and the Demand for Health. *Journal of Political Economy*, Vol. 80, No. 2, 223–255. <https://doi.org/10.1086/259880>
2. Grossman, M. (1982). The demand for health after a decade. *Journal of Health Economics*, Vol. 1, Issue 1, 1–3. [https://doi.org/10.1016/0167-6296\(82\)90018-2](https://doi.org/10.1016/0167-6296(82)90018-2)
3. Grossman, M. (2000). The Human Capital Model. In: *Handbook of Health Economics*. Edited by A. J. Culyer, J. P. Newhouse. Vol. 1, Part A. Elsevier, 347–408. [https://doi.org/10.1016/S1574-0064\(00\)80166-3](https://doi.org/10.1016/S1574-0064(00)80166-3)
4. Grossman, M. (2010). The Relationship between Health and Schooling. In: *Investing in Human Capital for Economic Development in China*. Edited by G. G. Liu, S. Zhang, Z. Zhang. World Scientific, 279–291. https://doi.org/10.1142/9789812814425_0016
5. Grossman, M. (2022). The demand for health turns 50: Reflections. *Health Economics*, Vol. 31, Issue 9, 1807–1822. <https://doi.org/10.1002/heec.4563>
6. Gould, N., Gould, E. (2001). Health as a consumption object: Research notes and preliminary investigation. *International Journal of Consumer Studies*, Vol. 25, Issue 2, 90–101. <https://doi.org/10.1046/j.1470-6431.2001.00184.x>
7. Kenkel, D.S. (1994). The demand for preventive medical care. *Applied Economics*, Vol. 26, Issue 4, 313–325. <https://doi.org/10.1080/00036849400000078>
8. Muurinen, J.-M. (1982). Demand for health: A generalised Grossman model. *Journal of Health Economics*, Vol. 1, Issue 1, 5–28. [https://doi.org/10.1016/0167-6296\(82\)90019-4](https://doi.org/10.1016/0167-6296(82)90019-4)
9. Bloom, D., Canning, D. (2003). Health as Human Capital and its Impact on Economic Performance. *The Geneva Papers on Risk and Insurance. Issues and Practice*, Vol. 28, No. 2, 304–315. <http://dx.doi.org/10.1111/1468-0440.00225>

10. Cropper, M.L. (1977). Health, investment in health, and occupational choice. *Journal of Political Economy*, Vol. 85, No. 6, 1273–1294. <http://dx.doi.org/10.1086/260637>
11. Becker, G.S. (2007). Health as Human Capital: Synthesis and Extensions. *Oxford Economic Papers*, Vol. 59, Issue 3, 379–410. <https://doi.org/10.1093/oeq/gpm020>
12. Galama T. J., van Kippersluis H. (2015). A Theory of Education and Health. *RAND Working Paper Series WR-1094*, 79 p. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2798899>
13. Schneider-Kamp, A. (2021). Health capital: toward a conceptual framework for understanding the construction of individual health. *Social Theory & Health*, Vol. 19, 205–219. <https://doi.org/10.1057/s41285-020-00145-x>
14. Weil, D.N. (2014). Health and Economic Growth. In: *Handbook of Economic Growth*. Edited by P. Aghion, S. N. Durlauf. Vol. 2. Elsevier, 623–682. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53540-5.00003-3>
15. Sultana, T., Dey, S.R., Tareque, M. (2022). Exploring the linkage between human capital and economic growth: A look at 141 developing and developed countries. *Economic Systems*, Vol. 46, Issue 3, 101017. <https://doi.org/10.1016/j.ecosys.2022.101017>
16. Wagstaff, A. (2002). Poverty and health sector inequalities. *Bulletin of the World Health Organization*, Vol. 80, Issue 2, 97–105. <http://dx.doi.org/10.1590/S0042-96862002000200004>
17. Glied S, Lleras-Muney, A. (2003). Health Inequality, Education and Medical Innovation. *NBER Working Paper No. w9738*. National Bureau of Economic Research, 58 p. Available at: <https://ssrn.com/abstract=414741>
18. Azarnert, L.A. (2020). Health capital provision and human capital accumulation. *Oxford Economic Papers*, Vol. 72, Issue 3, 633–650. <https://doi.org/10.1093/oeq/gpaa004>
19. Oster, E., Shoulson, I., Ray Dorsey, E. (2013). Limited Life Expectancy, Human Capital and Health Investments. *American Economic Review*, Vol. 103, No. 5, 1977–2002. <https://doi.org/10.1257/aer.103.5.1977>
20. Dassen, F.C.M., Houben, K., Jansen, A. (2015). Time orientation and eating behavior: Unhealthy eaters consider immediate consequences, while healthy eaters focus on future health. *Appetite*, Vol. 91, 13–19. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2015.03.020>
21. Brunello, G., Fort, M., Schneeweis, N., Winter-Ebmer, R. (2016). The Causal Effect of Education on Health: What is the Role of Health Behaviors? *Health Economics*, Vol. 25, Issue 3, 314–336. <https://doi.org/10.1002/hec.3141>
22. Zajacova, A., Lawrence, E.M. (2018). The Relationship Between Education and Health: Reducing Disparities Through a Contextual Approach. *Annual Review of Public Health*, Vol. 39, 273–289. <https://doi.org/10.1146/annurev-publhealth-031816-044628>
23. Fletcher, J.M., Frisvold, D.E. (2009). Higher Education and Health Investments: Does More Schooling Affect Preventive Health Care Use? *Journal of Human Capital*, Vol. 3, No. 2, 144–176. <https://doi.org/10.1086/645090>
24. Goldman, D.P., Smith, J.P. (2002). Can patient self-management help explain the SES health gradient? *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Vol. 99, Issue 16, 10929–10934. <https://doi.org/10.1073/pnas.162086599>
25. Spandorfer, J.M., Karras, D.J., Hughes, L.A., Caputo, C. (1995) Comprehension of discharge instructions by patients in an urban emergency department. *Annals of Emergency Medicine*, Vol. 25, Issue 1, 71–74. [https://doi.org/10.1016/S0196-0644\(95\)70358-6](https://doi.org/10.1016/S0196-0644(95)70358-6)
26. Mazumder, B. (2008). Does Education Improve Health? A Reexamination of the Evidence from Compulsory Schooling Laws. *Economic Perspectives*, Vol. 32, No. 2, 2–16. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1714136>
27. Cutler, D.M., Lleras-Muney, A. (2010). Understanding differences in health behaviors by education. *Journal of Health Economics*, Vol. 29, Issue 1, 1–28. <https://doi.org/10.1016/j.jhealeco.2009.10.003>
28. Kari, J.T., Viinikainen, J., Böckerman, P., et al. (2020). Education leads to a more physically active lifestyle: Evidence based on Mendelian randomization. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, Vol. 30, Issue 7, 1194–1204. <https://doi.org/10.1111/sms.13653>

29. Leibowitz, A.A. (2004). The demand for health and health concerns after 30 years. *Journal of Health Economics*, Vol. 23, Issue 4, 663–671. <https://doi.org/10.1016/j.jhealeco.2004.04.005>
30. Feldstein, P.J. (1966). Research on the Demand for Health Services. *The Milbank Memorial Fund Quarterly*, Vol. 44, No. 3, 128–165. <https://doi.org/10.2307/3348968>
31. Zajacova, A., Siddiqi, A. (2022). A comparison of health and socioeconomic gradients in health between the United States and Canada. *Social Science & Medicine*, Vol. 306, 115099. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2022.115099>
32. Dunga, S.H. (2019). Analysis of the Demand for Private Healthcare in South Africa. *Studia Universitatis Babeş-Bolyai Oeconomica*, Vol. 64, Issue 1, 59–70. <https://doi.org/10.2478/subboec-2019-0005>
33. Babitsch, B., Gohl, D., von Lengerke, T. (2012). Re-revisiting Andersen's Behavioral Model of Health Services Use: a systematic review of studies from 1998–2011. *GMS Psycho-Social-Medicine*, Vol. 9, 11. <https://doi.org/10.3205/psm000089>
34. Jones, A.M., Rice, N., Contoyannis, P. (2012). The Dynamics of Health. In: *The Elgar Companion to Health Economics*. Edited by A. M. Jones. Edward Elgar Publishing, 15–23. <https://doi.org/10.4337/9780857938138.00011>
35. Gerdtham, U.G., Johannesson, M. (1999). New estimates of the demand for health: results based on a categorical health measure and Swedish micro data. *Social Science & Medicine*, Vol. 49, Issue 10, 1325–1332. [https://doi.org/10.1016/s0277-9536\(99\)00206-3](https://doi.org/10.1016/s0277-9536(99)00206-3)
36. Hartwig, J., Sturm, J.E. (2018). Testing the Grossman model of medical spending determinants with macroeconomic panel data. *The European Journal of Health Economics*, Vol. 19, Issue 8, 1067–1086. <https://doi.org/10.1007/s10198-018-0958-2>
37. Wagstaff, A. (1993). The demand for health: An empirical reformulation of the Grossman model. *Health Economics*, Vol. 2, Issue 2, 189–198. <https://doi.org/10.1002/hec.4730020211>
38. Zweifel, P. (2012). The Grossman model after 40 years. *The European Journal of Health Economics*, Vol. 13, Issue 6, 677–682. <https://doi.org/10.1007/s10198-012-0420-9>
39. Ponzo, M., Scoppa, V. (2021). Does demand for health services depend on cost-sharing? Evidence from Italy. *Economic Modelling*, Vol. 103, 105599. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2021.105599>
40. Burggraf, C., Glauen, T., Grecksch, W. (2016). New impacts of Grossman's health investment model and the Russian demand for medical care. *Journal of Public Health*, Vol. 24, 41–56. <https://doi.org/10.1007/s10389-015-0692-5>
41. Zazdravnykh, E.A., Aistov, A.V., Aleksandrova, E.A. (2021). Total expenditure elasticity of healthcare spending in Russia. *Russian Journal of Economics*, Vol. 7, Issue 4, 326–353. <https://doi.org/10.32609/j.ruje.7.76219>
42. Hosseini Shokouh, S.M., Arab, M., Emamgholipour, S., Rashidian, A., Montazeri, A., Zaboli, R. (2017). Conceptual Models of Social Determinants of Health: A Narrative Review. *Iranian Journal of Public Health*, Vol. 46, Issue 4, 435–446. Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28540259/>
43. Fuchs, V.R. (2004). Reflections on the socio-economic correlates of health. *Journal of Health Economics*, Vol. 23, Issue 4, 653–661. <https://doi.org/10.1016/j.jhealeco.2004.04.004>
44. Erbsland, M., Ried, W., Ulrich, V. (1995). Health, health care, and the environment. Econometric evidence from German micro data. *Health Economics*, Vol. 4, Issue 3, 169–182. <https://doi.org/10.1002/hec.4730040303>
45. Zhao, Z. (2008). Health demand and health determinants in China. *Journal of Chinese Economic and Business Studies*, Vol. 6, Issue 1, 77–98. <https://doi.org/10.1080/14765280701841573>
46. Wagstaff, A. (1986). The demand for health: Some new empirical evidence. *Journal of Health Economics*, Vol. 5, Issue 3, 195–233. [https://doi.org/10.1016/0167-6296\(86\)90015-9](https://doi.org/10.1016/0167-6296(86)90015-9)

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Olga Nikolaevna Volkova

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Department of Finance, Saint-Petersburg School of Economics and Management, National Research University Higher School of Economics, Saint-Petersburg, Russia (194100, Saint-Petersburg, Kantemirovskaya street, 3); ORCID <https://orcid.org/0000-0002-7188-3395> e-mail: ovolkova@hse.ru

Aleksandra Nikolaevna Volkova

Bachelor of Economics, Master Student, Graduate School of Business, National Research University Higher School of Economics, Moscow, Russia (119049, Moscow, Shabolovka street, 26, Building, 1); ORCID <https://orcid.org/0009-0005-8548-399X> e-mail: volkova2001@rambler.ru

ACKNOWLEDGMENTS

Authors thank E. A. Zazdravnykh for bringing this topic to our attention. We are also grateful to anonymous reviewers for helpful comments on an earlier version.

FOR CITATION

Volkova, O.N., Volkova, A.N. (2024). Empirical Testing of Grossman's the Demand for Health Model: The Case of Russia. *Journal of Applied Economic Research*, Vol. 23, No. 1, 33–58. <https://doi.org/10.15826/vestnik.2024.23.1.002>

ARTICLE INFO

Received July 28, 2023; Revised December 1, 2023; Accepted December 15, 2023.

Спрос на здоровье: эмпирическая проверка модели Майкла Гроссмана на российских данных

О. Н. Волкова¹  , А. Н. Волкова² 

¹Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»,
г. Санкт-Петербург, Россия

²Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»,
г. Москва, Россия

 ovolkova@hse.ru

Аннотация. Рынок услуг, связанных со здоровьем, представляет собой один из важнейших рынков, поскольку ими пользуются все люди независимо от возраста, социально-экономического статуса и других факторов. Чтобы эффективно управлять как частной, так и государственной системой здравоохранения и своевременно расширять объем предоставляемых услуг, необходимо понимать характер спроса на здоровье в зависимости от развития общества и граждан. Данная статья посвящена эмпирической проверке одной из самых влиятельных моделей экономики здоровья — модели спроса на здоровье Майкла Гроссмана — посредством экономического моделирования. Мы использовали данные РМЭЗ НИУ ВШЭ (Российский мониторинг экономического положения и здоровья населения НИУ ВШЭ) за 2019 и 2020 годы. В статье тестируются гипотезы о том, что здоровье как товар носит двойственный характер, одновременно инвестиционный и потребительский; уровень образования и доход индивида влияют на спрос на здоровье, женщины заботятся о своем здоровье более ответственно, чем мужчины, связь возраста и спроса на здоровье имеет нелинейный характер, а скорость амортизации здоровья непостоянна в течение жизни человека. Мы пришли к выводу, что здоровье демонстрирует черты как потребительского, так и инвестиционного блага. Было обнаружено, что образование определяет спрос на здоровье как инвестиционный товар, тогда как доход, наоборот, влияет на спрос на здоровье только в рамках потребительской трактовки этого конструкта, но не в рамках инвестиционной. Исследование показало, что люди с низким доходом, как правило, активнее потребляют медицинские услуги, проводя больше времени в больницах. Можно предположить, что спрос на медицинские услуги возрастет в период экономического кризиса, сокращения рабочих мест, инфляции, падения реальных доходов населения. Результаты исследования могут помочь спрогнозировать спрос и потребление медицинских услуг, а также облегчить принятие решений в системе здравоохранения России в будущем.

Ключевые слова: модель Гроссмана; спрос на здоровье; экономика здравоохранения; экономика здоровья; Россия; система здравоохранения; РМЭЗ НИУ ВШЭ.

Список использованных источников

1. Grossman M. On the Concept of Health Capital and the Demand for Health // Journal of Political Economy. 1972. Vol. 80, No. 2. Pp. 223–255. <https://doi.org/10.1086/259880>
2. Grossman M. The demand for health after a decade // Journal of Health Economics. 1982. Vol. 1, Issue 1. Pp. 1–3. [https://doi.org/10.1016/0167-6296\(82\)90018-2](https://doi.org/10.1016/0167-6296(82)90018-2)
3. Grossman M. The Human Capital Model // Handbook of Health Economics. Edited by A. J. Culyer, J. P. Newhouse. Vol. 1, Part A. Elsevier, 2000. Pp. 347–408. [https://doi.org/10.1016/S1574-0064\(00\)80166-3](https://doi.org/10.1016/S1574-0064(00)80166-3)

4. *Grossman M.* The Relationship between Health and Schooling // Investing in Human Capital for Economic Development in China. Edited by G. G. Liu, S. Zhang, Z. Zhang. World Scientific, 2010. Pp. 279–291. https://doi.org/10.1142/9789812814425_0016
5. *Grossman M.* The demand for health turns 50: Reflections // Health Economics. 2022. Vol. 31, Issue 9. Pp. 1807–1822. <https://doi.org/10.1002/hec.4563>
6. *Gould N., Gould E.* Health as a consumption object: Research notes and preliminary investigation // International Journal of Consumer Studies. 2001. Vol. 25, Issue 2. Pp. 90–101. <https://doi.org/10.1046/j.1470-6431.2001.00184.x>
7. *Kenkel D. S.* The demand for preventive medical care // Applied Economics. 1994. Vol. 26, Issue 4. Pp. 313–325. <https://doi.org/10.1080/00036849400000078>
8. *Muurinen J.-M.* Demand for health: A generalised Grossman model // Journal of Health Economics. 1982. Vol. 1, Issue 1. Pp. 5–28. [https://doi.org/10.1016/0167-6296\(82\)90019-4](https://doi.org/10.1016/0167-6296(82)90019-4)
9. *Bloom D., Canning D.* Health as Human Capital and its Impact on Economic Performance // The Geneva Papers on Risk and Insurance. Issues and Practice. 2003. Vol. 28, No. 2. Pp. 304–315. <http://dx.doi.org/10.1111/1468-0440.00225>
10. *Cropper M. L.* Health, investment in health, and occupational choice // Journal of Political Economy. 1977. Vol. 85, No. 6. Pp. 1273–1294. <http://dx.doi.org/10.1086/260637>
11. *Becker G. S.* Health as Human Capital: Synthesis and Extensions // Oxford Economic Papers. 2007. Vol. 59, Issue 3. Pp. 379–410. <https://doi.org/10.1093/oeq/gpm020>
12. *Galama T. J., van Kippersluis H.* A Theory of Education and Health // RAND Working Paper Series WR-1094. 2015. 79 p. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2798899>
13. *Schneider-Kamp A.* Health capital: toward a conceptual framework for understanding the construction of individual health // Social Theory & Health. 2021. Vol. 19. Pp. 205–219. <https://doi.org/10.1057/s41285-020-00145-x>
14. *Weil D. N.* Health and Economic Growth // Handbook of Economic Growth. Edited by P. Aghion, S. N. Durlauf. 2014. Vol. 2. Elsevier. Pp. 623–682. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53540-5.00003-3>
15. *Sultana T., Dey S. R., Tareque M.* Exploring the linkage between human capital and economic growth: A look at 141 developing and developed countries // Economic Systems. 2022. Vol. 46, Issue 3. 101017. <https://doi.org/10.1016/j.ecosys.2022.101017>
16. *Wagstaff A.* Poverty and health sector inequalities // Bulletin of the World Health Organization. 2002. Vol. 80, Issue 2. Pp. 97–105. <http://dx.doi.org/10.1590/S0042-96862002000200004>
17. *Glied S, Lleras-Muney A.* Health Inequality, Education and Medical Innovation // NBER Working Paper No. w9738. National Bureau of Economic Research, 2003. 58 p. URL: <https://ssrn.com/abstract=414741>
18. *Azarnert L. A.* Health capital provision and human capital accumulation // Oxford Economic Papers. 2020. Vol. 72, Issue 3. Pp. 633–650. <https://doi.org/10.1093/oeq/gpaa004>
19. *Oster E., Shoulson I., Ray Dorsey E.* Limited Life Expectancy, Human Capital and Health Investments // American Economic Review. 2013. Vol. 103, No. 5. Pp. 1977–2002. <https://doi.org/10.1257/aer.103.5.1977>
20. *Dassen F. C.M., Houben K., Jansen A.* Time orientation and eating behavior: Unhealthy eaters consider immediate consequences, while healthy eaters focus on future health // Appetite. 2015. Vol. 91. Pp. 13–19. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2015.03.020>
21. *Brunello G., Fort M., Schneeweis N., Winter-Ebmer R.* The Causal Effect of Education on Health: What is the Role of Health Behaviors? // Health Economics. 2016. Vol. 25, Issue 3. Pp. 314–336. <https://doi.org/10.1002/hec.3141>
22. *Zajacova A., Lawrence E. M.* The Relationship Between Education and Health: Reducing Disparities Through a Contextual Approach // Annual Review of Public Health. 2018. Vol. 39. Pp. 273–289. <https://doi.org/10.1146/annurev-publhealth-031816-044628>

23. Fletcher J. M., Frisvold D. E. Higher Education and Health Investments: Does More Schooling Affect Preventive Health Care Use? // *Journal of Human Capital*. 2009. Vol. 3, No. 2. Pp. 144–176. <https://doi.org/10.1086/645090>
24. Goldman D. P., Smith J. P. Can patient self-management help explain the SES health gradient? // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2002. Vol. 99, Issue 16. Pp. 10929–10934. <https://doi.org/10.1073/pnas.162086599>
25. Spandorfer J. M., Karras D. J., Hughes L. A., Caputo C. Comprehension of discharge instructions by patients in an urban emergency department // *Annals of Emergency Medicine*. 1995. Vol. 25, Issue 1. Pp. 71–74. [https://doi.org/10.1016/S0196-0644\(95\)70358-6](https://doi.org/10.1016/S0196-0644(95)70358-6)
26. Mazumder B. Does Education Improve Health? A Reexamination of the Evidence from Compulsory Schooling Laws // *Economic Perspectives*. 2008. Vol. 32, No. 2. Pp. 2–16. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1714136>
27. Cutler D.M., Lleras-Muney A. Understanding differences in health behaviors by education // *Journal of Health Economics*. 2010. Vol. 29, Issue 1. Pp. 1–28. <https://doi.org/10.1016/j.jhealeco.2009.10.003>
28. Kari J. T., Viinikainen J., Böckerman P., et al. Education leads to a more physically active lifestyle: Evidence based on Mendelian randomization // *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 2020. Vol. 30, Issue 7. Pp. 1194–1204. <https://doi.org/10.1111/sms.13653>
29. Leibowitz A. A. The demand for health and health concerns after 30 years // *Journal of Health Economics*. 2004. Vol. 23, Issue 4. Pp. 663–671. <https://doi.org/10.1016/j.jhealeco.2004.04.005>
30. Feldstein P. J. Research on the Demand for Health Services // *The Milbank Memorial Fund Quarterly*. 1966. Vol. 44, No. 3. Pp. 128–165. <https://doi.org/10.2307/3348968>
31. Zajacova A., Siddiqi A. A comparison of health and socioeconomic gradients in health between the United States and Canada // *Social Science & Medicine*. 2022. Vol. 306. 115099. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2022.115099>
32. Dunga S. H. Analysis of the Demand for Private Healthcare in South Africa // *Studia Universitatis Babeş-Bolyai Oeconomica*. 2019. Vol. 64, Issue 1. Pp. 59–70. <https://doi.org/10.2478/subboec-2019-0005>
33. Babitsch B., Gohl D., von Lengerke T. Re-revisiting Andersen's Behavioral Model of Health Services Use: a systematic review of studies from 1998–2011 // *GMS Psycho-Social-Medicine*. 2012. Vol. 9, 11. <https://doi.org/10.3205/psm000089>
34. Jones A. M., Rice N., Contoyannis P. *The Dynamics of Health* // *The Elgar Companion to Health Economics*. Edited by A. M. Jones. Edward Elgar Publishing, 2012. Pp. 15–23. <https://doi.org/10.4337/9780857938138.00011>
35. Gerdtham U. G., Johannesson M. New estimates of the demand for health: results based on a categorical health measure and Swedish micro data // *Social Science & Medicine*. 1999. Vol. 49, Issue 10. Pp. 1325–1332. [https://doi.org/10.1016/s0277-9536\(99\)00206-3](https://doi.org/10.1016/s0277-9536(99)00206-3)
36. Hartwig J., Sturm J. E. Testing the Grossman model of medical spending determinants with macroeconomic panel data // *The European Journal of Health Economics*. 2018. Vol. 19, Issue 8. Pp. 1067–1086. <https://doi.org/10.1007/s10198-018-0958-2>
37. Wagstaff A. The demand for health: An empirical reformulation of the Grossman model // *Health Economics*. 1993. Vol. 2, Issue 2. Pp. 189–198. <https://doi.org/10.1002/hec.4730020211>
38. Zweifel P. The Grossman model after 40 years // *The European Journal of Health Economics*. 2012. Vol. 13, Issue 6. Pp. 677–682. <https://doi.org/10.1007/s10198-012-0420-9>
39. Ponzio M., Scoppa V. Does demand for health services depend on cost-sharing? Evidence from Italy // *Economic Modelling*. 2021. Vol. 103. 105599. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2021.105599>
40. Burggraf C., Glauben T., Grecksch W. New impacts of Grossman's health investment model and the Russian demand for medical care // *Journal of Public Health*. 2016. Vol. 24. Pp. 41–56. <https://doi.org/10.1007/s10389-015-0692-5>

41. Zazdravnykh E. A., Aistov A. V., Aleksandrova E. A. Total expenditure elasticity of health-care spending in Russia // Russian Journal of Economics. 2021. Vol. 7, Issue 4. Pp. 326–353. <https://doi.org/10.32609/j.ruje.7.76219>
42. Hosseini Shokouh S. M., Arab M., Emamgholipour S., Rashidian A., Montazeri A., Zaboli R. Conceptual Models of Social Determinants of Health: A Narrative Review // Iranian Journal of Public Health. 2017. Vol. 46, Issue 4. Pp. 435–446. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28540259/>
43. Fuchs V. R. Reflections on the socio-economic correlates of health // Journal of Health Economics. 2004. Vol. 23, Issue 4. Pp. 653–661. <https://doi.org/10.1016/j.jhealeco.2004.04.004>
44. Erbsland M., Ried W., Ulrich V. Health, health care, and the environment. Econometric evidence from German micro data // Health Economics. 1995. Vol. 4, Issue 3. Pp. 169–182. <https://doi.org/10.1002/hec.4730040303>
45. Zhao Z. Health demand and health determinants in China // Journal of Chinese Economic and Business Studies. 2008. Vol. 6, Issue 1. Pp. 77–98. <https://doi.org/10.1080/14765280701841573>
46. Wagstaff A. The demand for health: Some new empirical evidence // Journal of Health Economics. 1986. Vol. 5, Issue 3. Pp. 195–233. [https://doi.org/10.1016/0167-6296\(86\)90015-9](https://doi.org/10.1016/0167-6296(86)90015-9)

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Волкова Ольга Николаевна

Кандидат физико-математических наук, профессор Департамента финансов Санкт-Петербургской школы экономики и управления Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики», г. Санкт-Петербург, Россия (194100, г. Санкт-Петербург, ул. Кантемировская, 3); ORCID <https://orcid.org/0000-0002-7188-3395> e-mail: ovolkova@hse.ru

Волкова Александра Николаевна

Бакалавр экономики, магистрант Высшей школы бизнеса Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики», г. Москва, Россия (119049, г. Москва, ул. Шаболовка, 26, строение 1); ORCID <https://orcid.org/0009-0005-8548-399X> e-mail: volkova2001@rambler.ru

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы благодарят Е. А. Заздравных за то, что обратили наше внимание на эту тему. Мы также благодарны анонимным рецензентам за полезные комментарии к более ранней версии статьи.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ

Волкова О. Н., Волкова А. Н. Спрос на здоровье: эмпирическая проверка модели Майкла Гроссмана на российских данных // Journal of Applied Economic Research. 2024. Т. 23, № 1. С. 33–58. <https://doi.org/10.15826/vestnik.2024.23.1.002>

ИНФОРМАЦИЯ О СТАТЬЕ

Дата поступления 28 июля 2023 г.; дата поступления после рецензирования 1 декабря 2023 г.; дата принятия к печати 15 декабря 2023 г.



Resolving Conflicts and Strengthening International Relations with Investment: Game Theory Approach

Salah Salimian¹  , Azadeh Ashrafi² 

¹Urmia University,
Urmia, Iran

²Islamic Azad University,
Tehran, Iran

 salahsalimian@yahoo.com

Abstract. Today, investors pay more attention to the international concept of investment than ever before. In addition, countries intend to use their domestic capital to fulfill domestic goals and prevent capital outflow as much as possible. The present article, while referring to objective examples of international relations, has tried to provide a different answer to the important question of “economic cooperation in the form of international investment while maximizing” by using game theory. The main question is whether investment at the international level can avoid war and build? For this purpose, by using game theory and game design between governments and investors as the main openers, three different modes have been discussed. To this end, in section one a state where two countries are indifferent has been considered. The second state includes two competing (enemy) countries, and in the third state, three countries are assumed, one being competitor and the other indifferent. In the second section, first a situation where two countries are indifferent to each other is considered. Then, in the second case, two countries are considered to be rivals (enemies), and in the third case, three countries are assumed: one of them is a competitor and the other is indifferent. Concerning the obtained equilibrium in the three states and for each of the two sections, the main conclusion is that the investor achieves the best consequence (Nash equilibrium) by constituting portfolio and investing in various markets, and the countries achieve the best outcome through cooperation and establishing peace. On the other words, the results of the research in the language of logic (mathematics) confirm the effect of economic cooperation on the development of peace.

Keywords: peace; game theory; static games with complete information; Nash equilibrium.

JEL F52, C70, C71, D50

1. Introduction

The formal academic study of peace emerged in the 1960s and has grown in popularity since [1].

A fundamental question which presents itself immediately is whether there is an effective body of knowledge which can be consolidated into a science of peace [2].

At times our peacebuilding efforts are “an inherently conflictual process” [3].

Despite significant disagreement between peace researchers on a standardized

definition of peace, there seems to be overwhelming consensus that “peace” — in all its varied academic conceptualizations — always relates to the social welfare of interacting sentience’s [4].

The academic field of peace studies suffers from a lack of ontological clarity, with peace researchers widely disagreeing on how to define “peace” [5].

Researchers in the field of international relations, especially in the liberal tradition, emphasize the impact of internation-

al economic cooperation such as trade and investment on the expansion of peace and prevention of war-making.

Peace is discussed, interpreted, and referred to in way that nearly always disguises the fact that it is essentially contested [6].

Gittings believes that the concept of peace will always remain an open Issue [7]. The concept of peace has been under discussion in peace research from its start [8].

One of the topics of interest is to examine the possibility of economic cooperation such as trade and mutual investment despite political and military disagreements as well as the impact of such cooperation on establishing peace and preventing war. In this regard, various scholars, especially in the liberal tradition, seek to test the possibility of establishing trade relations despite differences in other fields as well as studying the side effects of economic cooperation on stability and peace of countries [9].

The interesting point is that “there are serious opponents to the economic context of peace and the impact of international trade and investment on avoidance of war.” Indeed, contrary to liberalism’s view on that a free economy can prevent war and guarantee the stability of peace; the realists do not consider the liberal economy as an obstacle to war, rather see it as a trigger of war. Marxists also consider liberal economy as inherently prone to levying war and according to them, despite the capitalist system, world peace and security is always at risk [10].

To fight for peace is to fight against direct and structural violence [11]. This necessitates creating a sustainable just peace that is inclusive, empowering, and deconstructs unjust cultural, economic, political, and social structures as well as facilitating reconciliation processes so that people can heal from the traumatic consequences of colonialism [12].

In today’s world, where threats, sanctions, and conflicts have become an inte-

gral part of human life, the analysis of issues related to war and peace has become one of the main challenges of not only political but also economic, cultural, and other studies. Therefore, avoiding the possible start of any war requires the use of different knowledge and sciences, so that by means of them, we can reach a favorable point that, while maintaining interests, does not get involved in war and its consequences.

The main question and purpose of this research is “Can economic cooperation in the form of international investment prevent war and reduce political tension?”.

The main hypothesis of this research is to examine the existing perspectives in the field of international economic cooperation from the perspective of liberalism and Marxism, which results the model under study confirms. In this paper, by presenting a static game, the investigation of international economic cooperation and its effect on the scene of international relations (peace) will be discussed; where conflicting interests of investors and governments (countries) are modeled, and its equilibrium position is identified.

This paper is organized in four sections. After introduction, in the 2nd part of the study, literature review has been presented. The methodology in 3rd section and results with two states and three subdivisions presented in 4th section and the 5th and final section includes conclusion and recommendations.

2. Literature Review

2.1. The importance of international economic cooperation

The scholars and researchers, especially in liberal tradition, believe that the political conflicts are not an unsolvable obstacle to economic cooperation between conflicting countries. On the other hand, they even claim that such cooperation reduces military conflicts. This group provides an example of the increasing coop-

eration between China and Taiwan that has taken place in the real world. None of the concerns described by pessimists has been able to prevent the cooperation of two countries and China is now the largest trading partner of Taiwan. The important point is that the commercial cooperation of two parties seriously increased after 2001 financial crisis as a result of the influence of the Taiwanese business community in their country, and Taiwanese officials had no choice except to reform their view of economic cooperation with China.

This new approach facilitated the trade cooperation and withdrew the political conflicts (however, the conflicts were not totally solved). As a conclusion it can be said that the trade relations between Taiwan and China expanded while the political conflicts still remained. However, the principle of trading is apparently a major step in international relations that has been absent in the past decades. Therefore, it can be concluded that economic cooperation can be real and possible despite the political conflict. This can contribute to peace and stability and reduce conflicts. As discussed, economic cooperation is possible even in the event of political conflicts and some historical examples have also been provided. As far as now, with developments in industry and transportation, the Issue of distance as an obstacle in business and trade has lost its traditional role; the countries do not worry about trade dependency as they were in the past.

According to liberal school, war is an exceptional phenomenon, and the principle of cooperation dominates the human community. Human being is speculative and usually sees his profits in cooperation. Likewise, war is the product of some deviations in human nature including ambition. Individuals pursue and compete for their own interests; however, on the other hand, individuals have many common interests which make them fulfill their obligations to

society and social cooperation, both domestically and internationally. If people come to this realization that they could have common beneficial interests not only within states but also across international borders, they will avoid war and conflict [13].

If countries are unable to continue business and trade because of barriers or high tariffs, they will try to earn some of the assets that they had not previously obtained through trade, through non-peaceful means such as war. In such situation, the ground for development of militarism in the international arena will be provided [14].

On the other hand, the democratic peace theory also had its dissidents since its inception and has been widely criticized on both theoretical and empirical grounds [15].

Realist, Marxist, and power-transition's scholars of international relations argued from different perspectives that it was convergence of interests and policy, rather than norms and institutions, which created a relative peace among Western democracies in the post-WWII era [16].

If interdependency is associated with open or free economic systems, the countries will realize that their development depends on business and trading. This freedom forces them to rely on interdependency and expand it [17].

A tremendous amount of attention is paid to whether or not joint democracy precludes wars within dyads [18].

Countries that have a permanent share in each other's economies have come to this conclusion that favorable trade relations increasingly move them away from resorting to military means to promote international status. The closed economic system or lack of economic freedom has also reverse effect [19].

There are good reasons to believe that while there is certainly peace among democracies, it may not be caused by the democratic nature of those states [20].

The simple implementation of a democratic form of government does not prevent nations from making war on one another [21].

The results support the “capitalist peace” argument and suggest that, within the developing world economic development leads to interstate peace, whereas democracy does not [22].

In this paper, the international economic cooperation and its effect in international relations (peace) will be studied by presenting a static game as whether economic cooperation in form of international investment could prevent war and reduce political tension? The present study seeks to give a scientific answer to this Issue utilizing “Game theory”.

2.2. Using Game Theory

Morbee & Proost [23] used game theory approach to study the market power of Russia in European gas market based on Cournot competition. The results of their study indicated that the market power of Russia in European gas market is so limited and in addition to European countries, Russia is also concerning about its uncertainty. For European countries, buying gas from other suppliers, though at a higher price, looks better because they do gas trade in a safer environment.

Yared [24] in his study presented dynamic theory on war and peace. The results showed that in a long-term period, if the countries are patient enough, the temporary wars could create sustainability (peace) if the war costs are high, and the scores are low.

Popescu & Hurduzeu [25] investigated the energy challenges for Europe in purchasing natural gas from Russia in two states of cooperative and non-cooperative games. The results indicated that the European Union shall reduce its import from Russia and select better options for import.

Horner et al. [26] studied the relation between mediation and peace and designing the mechanism for conflict resolution in international relations. They showed that the uninterrupted communication helps conflict reduction since it enables the conflicting parties to disclose themselves.

Ghalehno [27] in his study investigated the Iran and US strategies in post JCPOA based on game theory. Given the importance of the agreements, obligations and commitments after JCPOA ratification; finally, the results obtained from solving the game through backward method showed that Nash equilibrium in Post-JCPOA would be in form of sanctions relief and mutual adherence to JCPOA commitments.

Salimian & Shahbazi [28] investigated Iran strategy in utilizing common oil and gas resources using game theory approach. Considering common resources, they explained that if there are common resources for utilization, what would be the results of cooperation or non-cooperation. The results indicated that in case of cooperation between countries, it is possible to extract the same resources through less effort as of in case of non-cooperation. Moreover, the higher is the number of countries in a common resource, the less will be the effort of each country. However, in sum, the total effort of countries will be more, i. e., more effort would be wasted.

Kimbrough et al. [29] studied the theories, applications and the conflict of interest and war in economy. They examined the main models of conflict and conflict of interest and showed that in recent empirical literature, the results confirm the theory of conflicts with both laboratory and field data.

Attar et al. [30] studied the nuclear conflict of Iran and 5+1 countries based on game theory. To this end, they considered 2005–2015 time periods and investigated the results through descriptive-analytic

method using game theory. The results indicated that the parties to the conflict used warfare of attrition and brinkmanship in non-cooperative games (these games were based on non-cooperation and confrontation). From 2011 to 2015, because of the parties' failure in fulfillment of their objectives and the continuation of games becoming more difficult, the parties resorted to bargaining games and prisoner's dilemma under the cooperative games.

Anderson & Mukherjee [31] investigated seeking no war, achieving no peace. Their model survey "no war, no peace" situations in a game theoretical framework where two countries are engaged in a stand-off over a military sector. They suggested two different pathways. The first is idealistic and based on mutual trust whereas the second is based on deterrence meaning that both countries impose a threat of using armed force against the other country in their respective military doctrines.

Salimian et al. [32] in theoretical research, investigated the role of investment in the equilibrium of international political economy. They designed a game between governments and investors by defining the utility functions of each player. The results indicated that risks and output inside and outside the country is a direct function of external risk and economic power, of course, this relationship is reversed for the investor. Finally, if the hostility degree (ρ) between countries is zero, then the countries will achieve a maximum positive outcome which will increase with the decrease of economic power.

Most studies in field of economy and peace, some of which explained here, utilize game theory to achieve equilibrium in a specific field (mostly oil and gas) and do not generally deal with this Issue in terms of peace. In an effort to fill this gap, the present study deals with this important Issue that how the economy can provide the ground for international peace and to this

end, utilizes game theory. This is the innovation of this study. It is reminded again that the Issue of peace has received very little attention from an economic point of view, and most of the research in this field is from the perspective of political science, and also by the method of game theory (except Salimian et al. [32]), which is an important tool for modeling the conflict of interests, until now, to the financial markets and its role. It has not been addressed in the development of peace.

3. Methodology

The modeling of game theory in international economy, work economy, major economy and general tax becomes general and is now moving towards development economy and economic history. Many of those who make models utilize game theory as it allows them to think as an economist when the pricing theory is not sufficient and responding [33].

Game theory is one of the most important tools in this situation. Game theory seeks to mathematically model and logically solve situations where a number of (more than one) players interact under specific rules, and the desirability of each of them is affected by the behavior or choice of another [34].

Some researchers compare the importance of game theory design to the discovery of the double DNA spirals and often refer to it as "a theory that can explain everything" [35]. In many economic and operations research (OR) situations, the social configuration of the organization influences the potential possibilities of all the groups of agents, and the set of agents is (strictly) hierarchically structured with a unique leader [36, 37].

Before starting to model the game in different ways, it should be noted that the desired model is checked in two modes.

In the first case, countries are assumed to be at the same level economical-

ly. In other words, similar economies, and countries with roughly the same economic power are considered equal in simplicity.

In the second case, it is assumed that the economic power of the countries is not the same and it is assumed that economically the domestic country is weaker than the third country and the third country is also weaker than the rival (enemy) country. Therefore, in this situation, for a weaker economy, it is more important and desirable for the capital to stay inside. Moreover, in all cases, it is assumed that the investor prefers domestic investment to investment in a third country and investment in a third country to investment in a competing firm (when output and risk markets are the same).

As a third assumption, it is assumed that if the investor is willing to invest in a combination of countries, he will invest equally in all of them.

In order to avoid prolonging the discussion, the items of section 3 will be fully explained and interpreted, and in the second case, only the results will be presented.

There are also three strategies for governments in general. Governments can interact with each other (peace), be indifferent to each other, or be enemy to each other and go to war. More explanation about the

players' strategy and the consequences will follow.

Now game modeling will be done in different modes and conditions.

First state: Two indifferent countries.

Second state: Two rival/competing countries.

Third state: Three countries (local, third and competing/ rival).

4. Results

4.1. The economic power of the three countries is the same

4.1.1 First state: Two indifferent countries

For the first state, it is assumed that the investor wants to invest in just two indifferent countries. The game will start in this way that the investor first has three options: (1) to invest all his capital in his country (domestic) (*D*), (2) to invest all his capital only in a third (indifferent) country (*T*), (3) to invest its capital both in his country (domestic) and third country (almost equally) (*C*).

At the next stage, the countries could have two options: (1) to collaborate and cooperate with each other (*H*) and (2) to be indifferent to each other (without any cooperation) (*B*). Therefore, the game matrix will be as table 1.

Table 1. The matrix of game for different investment states and two indifferent countries

		Government			
		Indifferent (<i>B</i>)		Cooperation (<i>H</i>)	
Investor	Just domestic (<i>D</i>)	1	5	2	6
	Just in third country (<i>T</i>)	3	1	4	2
	Domestic and in third government (<i>C</i>)	5	3	6	4

Source: Researcher's findings

In order to achieve the consequence of each strategy, in matrix form of game between countries and investors, it is first required to rank the priorities of

the players. It is noteworthy that the investor will invest in the third government when he earns more profit with lower risk.

The first state is such that the investors just do domestic investment, and the two countries are indifferent (do not cooperate). For this state, the countries will achieve consequence 5 and the investors will achieve consequence 1. This is the worst state for the investors because through investment in other market, they could increase their profit and have better portfolio (less risk).

The second state is such that the investors just invest domestically, and the countries cooperate and interact (peace). This is the best status for the countries in which the countries will achieve consequence 6 and the investors, consequence 2.

The third state is such that the investors just invest in third government while the countries are indifferent, in which the countries will achieve consequence 1 and the investors, consequence 3. This consequence for investors is higher than first and second states on that they have done investment in third government when the output (profit) was higher. This is the worst state for the countries because the whole capital has outflow.

The fourth state is such that the investors just invest in third government and the countries interact with each other (peace). For this state, the countries will achieve consequence 2 and the investors, consequence 4.

The fifth state is such that the investor does investment both in his government (domestic) and in third government, and the countries are indifferent. The consequence of this state for investor is considered as 5 and for countries as 3.

The sixth state is such that the investor invests both inside government and in third government and peace is established. The consequence for investor in this state is 6 and for the countries is 4. This is the best state for investor because better portfolio is created, and the peace is established.

The set of the strategies of two players is as follow:

$$\begin{aligned} S_{investor} &= \{D, T, C\} \\ S_{government} &= \{H, B\}. \end{aligned} \quad (1)$$

The combination of the strategies of two players is also as follow:

$$\begin{aligned} S &= S_{investor} \cdot S_{government} = \\ &= \left\{ (D, H), (D, B), (T, H), \right. \\ &\quad \left. (T, B), (C, H), (C, B) \right\}. \end{aligned} \quad (2)$$

The consequences of game for investor (I) and government (G) can be logically ranked as follow:

$$\begin{aligned} U_I(D, H) &= 2, & U_G(D, H) &= 6 \\ U_I(D, B) &= 1, & U_G(D, B) &= 5 \\ U_I(T, H) &= 4, & U_G(T, H) &= 2 \\ U_I(T, B) &= 3, & U_G(T, B) &= 1 \\ U_I(C, H) &= 6, & U_G(C, H) &= 4 \\ U_I(C, B) &= 5, & U_G(C, B) &= 3. \end{aligned}$$

Some games have this main feature that for some or all of the players, the selection of one strategy is completely preferred to selection of all his other strategies since the consequence of this strategy for that player is more favorable than other strategies and more. It is normal that the player shall select the favorable strategy regardless of the strategies that the other players select. This strategy is so called dominate strategy and other strategies of that player are called dominated strategies. If in a game, each player has dominated strategy, it is normal for them to select it. Therefore, the combination of the strategies constituted from the dominate strategy of the players is called dominate strategy equilibrium [38, 39].

In Table 2, the game equilibrium is shown.

Table 2. Solving matrix of game and finding Nash equilibrium (investor and two indifferent countries)

		Government			
		Indifferent (B)		Cooperation (H)	
Investor	Just domestic (D)	1	5	2	6
	Just in third government (T)	3	1	4	2
	Domestic and in third government (C)	5	3	6	4

Source: Researcher’s findings

In this game, the cooperation strategy (peace) dominates the indifferent strategy for the government, i.e., regardless of the selection of the other player (investor), the government always selects cooperation since it yields higher consequence.

The dominate strategy for the investor is domestic investment and investment in third government (regardless of the selection of the other player); therefore, anyway, he selects it and achieves higher consequence.

Concerning the obtained results which is Nash equilibrium of the game, it is observed that the equilibrium consequence happens in (C, H), which is the game equilibrium. As previously mentioned, in Nash equilibrium, deviation from the related consequence is to the benefit of no player, assuming that other players are not deviated

from the played strategy in Nash consequence.

4.1.2 Second state: Two rival/ competing countries

Here, it is assumed that the investor intends to invest just in two rival countries (enemy). The game starts in this way that the investor first has three options: (1) to invest all his capital in his government (domestic) (D), (2) to invest all its capital only in the rival government (enemy) (E), and (3) to invest its capital both in his government (domestic) and rival government (almost equally) (C).

At the next stage, the countries could have two options: (1) to collaborate and cooperate with each other (i.e., peace is established) (P) and (2) do not collaborate (i.e., to enter war) (W). Therefore, the game matrix will be as Table 3.

Table 3. The matrix of game for different investment states and two rival countries

		Government			
		Cooperation (peace) (P)		Non-cooperation (War) (W)	
Investor	Just domestic (D)	4	6	1	4
	Just enemy (E)	3	2	2	1
	Domestic and in enemy (C)	6	5	5	3

Source: Researcher’s findings

In the matrix game between countries and investors, the priorities of the players should be ranked to achieve the consequence of each strategy. As far as in normal

situation, no government is willing to enter war (because of its consequences), the best consequence for the countries is cooperation (peace). It should be noted that the in-

vestor invests in the rival government (enemy) when he achieves more profit with less risk.

The first state is such that the investors just do domestic investment and cooperation (peace) is established, which is the best consequence for countries. The countries achieve consequence 6 and the investors achieve consequence 4. This consequence is somehow low for investors as they could both increase their profit and have better portfolio (less risk) through investment in another market.

The second state is that the investors just do domestic investment and the countries do not interact (war). In this case, the countries will achieve consequence 5 and the investors will achieve consequence 1. This consequence is the worst state for investors since they achieve both high risk and low profit.

The third state is such that the investors just invest in competing (enemy) government and the countries interact with each other (peace). In this state, the countries will achieve consequence 2 and the investors, consequence 3. This consequence is higher than first and second states for investors as they have done investment in competing government when the output (profit) is higher. Consequence 2 for government is for this reason that although all capital is outflow from the government, the peace (cooperation) is established.

The fourth state is such that the investors just invest in the competing government (enemy) and the countries do not interact (war). In this state, the countries will achieve consequence 1 and the investors will achieve consequence 2. This is the worst state for the countries since the capital has outflow, in one hand, and the war will happen, on the other hand. Consequence 2 is considered for the investor in this state since despite the war, the investor is ensuring that part of his capital will be preserved (whether inside government or in the competing government).

The fifth state is such that the investor does both domestic and foreign investment (in competing government) and peace is established. This is the best state for the investor since he will constitute a bigger portfolio (less risk) and achieve higher profit. The consequence of this state is considered 6 for investors and 5 for countries.

The sixth state is such that the investor does both domestic and foreign investment (in competing government) and war does exist. The consequence of this state is 5 for investors and 3 for countries. The reason why consequence 5 is considered for investor is that he has at least invested part of his capital inside government (helping the development of local economy) compared to fourth state.

The set of strategies of two players is as follow:

$$\begin{aligned} S_{investor} &= \{D, E, C\} \\ S_{government} &= \{P, W\}. \end{aligned} \tag{3}$$

The combination of the strategies of two players is also as follow:

$$\begin{aligned} S &= S_{investor} \cdot S_{country} = \\ &= \left\{ (D, P), (D, W), (E, P), \right. \\ &\quad \left. (E, W), (C, P), (C, W) \right\}. \end{aligned} \tag{4}$$

The consequences of game for investor (*I*) and government (*G*) can be logically ranked as follow:

$$\begin{aligned} U_I(D, P) &= 4, & U_G(D, P) &= 6 \\ U_I(D, W) &= 1, & U_G(D, W) &= 4 \\ U_I(E, P) &= 3, & U_G(E, P) &= 2 \\ U_I(E, W) &= 2, & U_G(E, W) &= 1 \\ U_I(C, P) &= 6, & U_G(C, P) &= 5 \\ U_I(C, W) &= 5, & U_G(C, W) &= 3. \end{aligned}$$

The game equilibrium is shown in Table 4.

Table 4. Solving matrix of game and finding Nash equilibrium (investor and two competing countries/enemies)

		Government			
		Cooperation (peace) (<i>P</i>)		Non-cooperation (war) (<i>W</i>)	
Investor	Just domestic (<i>D</i>)	4	<u>6</u>	1	4
	Just in third government (<i>T</i>)	3	2	2	<u>1</u>
	Domestic and in third government (<i>C</i>)	<u>6</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	3

Source: Researcher’s findings

In this game, the cooperation strategy (peace) dominates the non-cooperation (war) strategy for the government, i. e., regardless of the selection of the other player (investor), the government always selects cooperation since it yields higher consequence.

The dominate strategy for the investor is domestic investment and investment in third government (regardless of the choice of the other player and the dominant strategy for the investor is investment both inside government and in competing (enemy) government (regardless of the choice of the other player). Therefore, he will select it and achieve higher consequence.

Concerning the result, which is Nash equilibrium of game, it is observed that the equilibrium consequence happens in (*C, P*) and this is Nash equilibrium of the game. As previously noted, in Nash equilibrium, deviation from the related consequence is not to the benefit of any player assuming that other players are not deviated from the played strategy in Nash consequence.

4.1.3 Third state: Three countries (local, third and competing/ rival)

For this state, it is assumed that the investor could do investment in his government, third and competing countries. The game starts in this way that first the investor will have 7 options:

1) to invest all his capital in his government (*D*).

- 2) to invest all his capital just in third government (*T*).
- 3) to invest all his capital just in competing (enemy) government (*E*).
- 4) to invest his capital in both his government and third government (of the equal ratio) (*DT*).
- 5) to invest all his capital in his government and competing government (of equal ratio) (*DE*).
- 6) to invest all his capital in third and competing countries (of equal ratio) (*TE*).
- 7) to invest his capital in his government, third and rival countries (of equal ratio) (*DTE*).

At the next stage, the countries could have two choices: (1) to interact with each other (in other words, peace is established) (*P*); (2) to be indifferent (*B*); (3) do not interact (in other words, to enter war) (*W*).

Therefore, the matrix of the game will be as Table 5.

In the matrix form of the game between countries and investors, the priority of players should be ranked in order to achieve the consequences of each strategy. As far as in normal condition, no government is willing to enter war (concerning its consequences for countries), the best consequence for the countries will be cooperation (peace). It should be noted that the investor will invest in other countries (third and enemy) when earn more profit with less risk.

Table 5. The game matrix between different states of investment and three countries

	Government					
	Cooperation/Peace (<i>P</i>)		Indifferent (<i>B</i>)		Non-cooperation/ war (<i>W</i>)	
Just domestic (<i>D</i>)	3	21	2	20	1	11
Just third government (<i>T</i>)	6	13	5	12	4	3
Just enemy (<i>E</i>)	9	5	8	4	7	1
Domestic and Third (<i>DT</i>)	12	19	11	18	10	10
Domestic and enemy (<i>DE</i>)	15	15	14	14	13	6
Third and enemy (<i>TE</i>)	18	8	17	7	16	2
Domestic, third and enemy (<i>DTE</i>)	21	17	20	16	19	9

Source: Researcher's findings

The first state is such that the investors just do domestic investment and peace is established which is the best consequence for the countries. In this state, the consequence for the countries will be 21 and for the investors 3. This consequence is low for the investors as they could both increase their profit and have better portfolio (less risk) by investing in the market of other countries.

The second state is such that the investors just invest domestically, and the countries are indifferent. For this state, the countries will achieve consequence 20 and the investors will get consequence 2. This consequence is low for the investors as, through investing in the markets of other countries, they could both increase their profit and have better portfolio (less risk); on the other hand, the local economy is not related to the other economies.

The third state is such that the investors just invest domestically, and war happens. This is the worst consequence for the investors and the countries will achieve consequence 19 and the investors will achieve consequence 1.

The fourth state is such that the investors just invest in third government

and the countries interact (peace). Here, the countries will achieve consequence 9 and the investors will achieve consequence 6.

The fifth state is such that the investors just invest in third government and the countries are indifferent. Here, the countries will achieve consequence 8 and the investors will achieve consequence 5.

The sixth state is such that the investors just invest in third government and the countries do not interact (war). Here, the countries will achieve consequence 7 and the investors will achieve consequence 4.

The seventh state is such that the investors just invest in competing government (enemy) and the countries interact (peace). Here, the countries will achieve consequence 3 and the investors will achieve consequence 9. Relatively high consequence of investors is due to higher profit they earn in the other market.

The eighth state is such that the investors just invest in competing government (enemy) and the countries are indifferent. Here, the countries will achieve consequence 2 and the investors will achieve consequence 8.

The ninth state is such that the investors just invest in competing government (enemy) and the countries do not interact (war). Here, the countries will achieve consequence 1 and the investors will achieve consequence 7. This is the worst state for the countries since both their capital has outflow and they have entered into war.

The tenth state is such that the investor invests his capital both domestically and in the third government and peace is established. The consequence of this state for the investor is considered 12 and for countries as 18.

The eleventh state is such that the investor invests his capital both domestically and in the third government, and the countries are indifferent. The consequence of this state for the investor is considered 11 and for countries as 17.

The twelfth state is such that the investor invests his capital both domestically and in the third government, and the countries do not interact (war). The consequence of this state for the investor is considered 10 and for countries as 16.

The thirteenth state is such that the investor invests his capital both domestically and in the competing government (enemy), and peace is established. The consequence of this state for the investor is considered 15 and for countries as 12.

The fourteenth state is such that the investor invests his capital both domestically and in the competing government (enemy), and the countries are indifferent. The consequence of this state for the investor is considered 11 and for countries as 17.

The fifteenth state is such that the investor invests his capital both domestically and in the competing government (enemy), and there is war. The consequence of this state for the investor is considered 13 and for countries as 10.

The sixteenth state is such that the investor invests his capital both in third and

in the competing government (enemy), and peace is established. The consequence of this state for the investor is considered 18 and for countries as 6.

The seventeenth state is such that the investor invests his capital both in third and in the competing government (enemy), and the countries are indifferent. The consequence of this state for the investor is considered 17 and for countries as 15.

The eighteenth state is such that the investor invests his capital both in third and in the competing government (enemy), and there is war. The consequence of this state for the investor is considered 16 and for countries as 4.

The nineteenth state is such that the investor invests his capital three countries (his government, third and enemy government) and peace is established. The consequence of this state for the investor is considered 21 and for countries as 15. This state is the best consequence for the investor because he has achieved a big portfolio (low risk) and high output (accessibility to other markets).

The twentieth state is such that the investor invests his capital three countries (his government, third and enemy government) and countries are indifferent. The consequence of this state for the investor is considered 20 and for countries as 14.

The twenty first state is such that the investor invests his capital three countries (his government, third and enemy government) and there is war. The consequence of this state for the investor is considered 19 and for countries as 13.

The set of the strategies of two players is as follow:

$$S_{investor} = \left\{ D, T, E, DT, \right. \\ \left. DE, TE, DTE \right\} \quad (5)$$

$$S_{country} = \{ P, B, W \}.$$

The combination of the strategies of two players is also as follow:

$$S = S_{investor} \cdot S_{government} = \left\{ \begin{array}{l} (D, P), (D, B), (D, W), \\ (T, P), (T, B), (T, W), \\ (E, P), (E, B), (E, W), \\ (DT, P), (DT, B), (DT, W), \\ (DE, P), (DE, B), (DE, W), \\ (TE, P), (TE, B), (TE, W), \\ (DTE, P), (DTE, B), (DTE, W) \end{array} \right\} \quad (6)$$

The consequences of game for investor (I) and government (G) can be logically ranked as follow:

$$\begin{aligned} U_I(D, P) &= 3, & U_G(D, P) &= 21 \\ U_I(D, B) &= 2, & U_G(D, B) &= 20 \\ U_I(D, W) &= 1, & U_G(D, W) &= 11 \\ U_I(T, P) &= 6, & U_G(T, P) &= 13 \\ U_I(T, B) &= 5, & U_G(T, B) &= 12 \\ U_I(T, W) &= 4, & U_G(T, W) &= 3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} U_I(E, P) &= 9, & U_G(E, P) &= 5 \\ U_I(E, B) &= 8, & U_G(E, B) &= 4 \\ U_I(E, W) &= 7, & U_G(E, W) &= 1 \\ U_I(DT, P) &= 12, & U_G(DT, P) &= 19 \\ U_I(DT, B) &= 11, & U_G(DT, B) &= 18 \\ U_I(DT, W) &= 10, & U_G(DT, W) &= 10 \\ U_I(DE, P) &= 15, & U_G(DE, P) &= 15 \\ U_I(DE, B) &= 14, & U_G(DE, B) &= 14 \\ U_I(DE, W) &= 13, & U_G(DE, W) &= 6 \\ U_I(TE, P) &= 18, & U_G(TE, P) &= 8 \\ U_I(TE, B) &= 17, & U_G(TE, B) &= 7 \\ U_I(TE, W) &= 16, & U_G(TE, W) &= 2 \\ U_I(DTE, P) &= 21, & U_G(DTE, P) &= 17 \\ U_I(DTE, B) &= 20, & U_G(DTE, B) &= 16 \\ U_I(DTE, W) &= 19, & U_G(DTE, W) &= 9 \end{aligned}$$

The game equilibrium is shown in Table 6.

Table 6. Solving game matrix and finding Nash equilibrium (investor and three countries)

	Government					
	Cooperation/ Peace (P)		Indifferent (B)		Non-cooperation/ war (W)	
Just domestic (D)	3	<u>21</u>	2	20	1	11
Just third government (T)	6	<u>13</u>	5	12	4	3
Just enemy (E)	9	5	8	4	7	1
Domestic and Third (DT)	12	<u>19</u>	11	18	10	10
Domestic and enemy (DE)	15	<u>15</u>	14	14	13	6
Third and enemy (TE)	18	8	17	7	16	2
Domestic, third and enemy (DTE)	<u>21</u>	<u>17</u>	<u>20</u>	16	<u>19</u>	9

Source: Researcher’s findings

In this game, the strategy of cooperation (peace) is dominant on indifferent and non-cooperation (war) strategies for the government, i.e., regardless of the choice of oth-

er player (investment), it always selects cooperation since it yields higher consequence. Domestic investment and investment in third and enemy countries are dominant for the investor (regardless of the choice of other player); therefore, he selects it anyway and achieves higher consequence.

Concerning the obtained result, that is Nash equilibrium, it is observed that the cooperation consequence happens in (DTE, P) and this is Nash equilibrium. As previously mentioned, deviation from the related consequence is not to the benefit of any player in Nash equilibrium, assuming that other payers are not deviated from the played strategy in Nash equilibrium.

4.2. The economic power of the three countries is the various

4.2.1 First state: two indifferent countries (advanced economy and weak economy)

According to the previously defined and explained, the results of this part will be presented. In addition, it is reminded again that in order to avoid prolonging

the discussion, the final tables (by finding the Nash equilibrium) are presented (Table 7).

The analysis of the results and dominant strategies here is also the same as the interpretation of Table 2.

4.2.2 Second state: two competing countries (the domestic economy is weaker than the enemy's economy)

The results of the Nash equilibrium in the second case where there are two competing countries (the domestic economy is weaker than the enemy's economy) are shown in the Table 8.

The analysis of the results and dominant strategies here is also the same as the interpretation of Table 4.

4.2.3 Third state: three countries (the domestic economy is weaker than the third economy and the third economy is weaker than the enemy's economy)

The results of the Nash equilibrium in the third state are shown in the following Table 9.

Table 7. Solving the game matrix and finding the Nash equilibrium (investor and two indifferent countries)

		Government			
		Indifferent (B)		Cooperation (H)	
Investor	Just domestic (D)	1	5	2	<u>6</u>
	Just in third country (T)	3	1	4	<u>2</u>
	Domestic and in third government (C)	<u>5</u>	3	<u>6</u>	4

Source: Researcher's findings

Table 8. Solving the game matrix and finding Nash equilibrium (investor and two enemy countries)

		Government			
		Cooperation (peace) (P)		Non-cooperation (War) (W)	
Investor	Just domestic (D)	4	6	1	3
	Just enemy (E)	3	4	2	1
	Domestic and in enemy (C)	6	5	<u>5</u>	2

Source: Researcher's findings

Table 9. Solving the game matrix and finding the Nash equilibrium (investor and three countries inside, third and enemy)

	Government					
	Cooperation/ Peace (<i>P</i>)		Indifferent (<i>B</i>)		Non-cooperation/ war (<i>W</i>)	
Just domestic (<i>D</i>)	3	<u>21</u>	2	20	1	7
Just third government (<i>T</i>)	6	<u>13</u>	5	12	4	3
Just enemy (<i>E</i>)	9	<u>9</u>	8	8	7	1
Domestic and Third (<i>DT</i>)	12	<u>19</u>	11	18	10	6
Domestic and enemy (<i>DE</i>)	15	<u>15</u>	14	14	13	4
Third and enemy (<i>TE</i>)	18	<u>11</u>	17	10	16	2
Domestic, third and enemy (<i>DTE</i>)	<u>21</u>	<u>17</u>	<u>20</u>	16	<u>19</u>	5

Source: Researcher's findings

The analysis of the results and dominant strategies here is also the same as the interpretation of Table 6.

5. Discussion

Concerning the equilibrium achieved in the three states, the main conclusion is that the investor achieves the best outcome (Nash equilibrium) by constituting portfolio and investing in various market and the countries through cooperation and peace. The obtained results are according to the logic and rationality of investors and countries in determining their priorities and their strategies, each of which seeks to maximize their profit. These results confirm the results of Glipin [11], Frieden & Lake [14], Reagan [5], Salimian et al. [33] and are opposite to the results of Rosato [21] and Kimbrough et al. [30].

According to the evidence in the real world and the rationality of investors, it is expected that in the current borderless world (in terms of financial markets and new currencies, etc.) the decisions of these people go beyond the borders of their countries and entire in international markets. The main hypothesis of this research was that financial markets can become the basis for world peace, which

was confirmed according to the obtained results.

The results of this research are stated based on certain assumptions and are also considered for a situation in which investors have preferred to invest in their own country to invest in a third country and the third country to invest in a rival country. It is also assumed that the domestic country is economically weaker than the third country and the third country is also weaker than the rival (enemy) country. It is also assumed for simplicity that if the investor wants to invest in two or more countries, he will do so in the same proportion.

6. Conclusion

Nowadays the investors pay attention to the international concept of investment more than any other time as far as the formation of international and global markets and creation of investment opportunities makes investors not limit themselves to local markets. On the other hand, the countries are willing to make local capitals be used in the fulfillment of domestic objectives and to avoid capital outflow as far as possible. In this paper, the game modeling between investors and countries has been done using

game theory and presenting a static game between players.

For this purpose, in the first part, this article deals with countries that have the same power and economic status. First, the state of indifference of two countries, then the state of the enemy (rival), and in the third state, three countries, one of which is a competitor and the other is indifferent, have been considered. Then, in the second part, countries with different economic power are considered. For this purpose, three countries with different economies (weak, medium and strong) have been considered. First, a situation where two countries are indifferent to each other was considered. Then, in the second case, two countries were considered as rivals (enemies) and in the third case, three countries were assumed, and one of them was a competitor and the other was indifferent.

The results for the first state for each two-state showed that Nash equilibrium happens in the cell where the investor has distributed his capital inside the government and in the third government and has not confined himself to the local and domestic market and the countries use peace strategy (cooperation). For the second state, Nash equilibrium happens in a cell where the investor has distributed his capital in his government and in competing government (enemy) and has not confined himself to the local market and the countries use peace strategy (cooperation). For the third case, it happens inside the company in a cell where the investor spreads his capital in all three countries,

domestic, third and competitor (enemy) and does not limit himself to the domestic market, and the countries use peace strategy (cooperation).

Concerning the equilibrium achieved in three states, the main conclusion is that the investor achieves the best outcome (Nash equilibrium) by constituting portfolio and investing in various market and the countries through cooperation and peace.

Finally, the importance of the Issue of war and peace in the international arena has always been in the focus of attention of governments and countries. In line with this important intellectual approach from various sciences, they have tried to provide new solutions for global peace and stability and prevention of war and appropriate to the developments of today's world. In the meantime, the field of "economy" has become an important variable in political equations and international relations, especially due to the tremendous and profound changes it has undergone.

The results of the research in the language of logic (mathematics) confirm the effect of economic cooperation on the development of peace, where through the development of international investment, governments achieve peace and, on the other hand, investors achieve the best outcome. Based on this, it is suggested that the governments develop and strengthen the fields of international investment and create global markets, and at the micro level, investors become the foundation of world peace by developing international investment.

References

1. Galtung, J. (1967). *Theories of Peace: A Synthetic Approach to Peace Thinking*. Oslo, International Peace Research Institute, 251 p. Available at: https://www.transcend.org/files/Galtung_Book_unpub_Theories_of_Peace_-_A_Synthetic_Approach_to_Peace_Thinking_1967.pdf
2. Poulantzas, N. (1971). J. G. Starke, An Introduction to the Science of Peace (Irenology), Leyden, 1968, Pp. 214. *Netherlands International Law Review*, Vol. 18, Issue 2, 256–257. <https://doi.org/10.1017/S0165070X00027753>

3. Kroeker, W. (2020). The peacebuilding spaces of local actors. In: *Routledge Companion to Peace and Conflict Studies*. Edited by S. Byrne, T. Matyók, I. M. Scott, J. Senehi. 1st edition, 57–67. <https://doi.org/10.4324/9781315182070-5>
4. Stephenson, C.M. (2022). Peace and Conflict Studies, Overview. In: *Encyclopedia of Violence, Peace, & Conflict (Third Edition)*. Vol. 1. Elsevier., 115–129. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820195-4.00163-1>
5. Reagan, A. (2023). Reframing the Ontology of Peace Studies. *Peace and Conflict Studies*, Vol. 29, No. 2, 1. Available at: <https://nsuworks.nova.edu/pcs/vol29/iss2/1>
6. Egger, Ph. (2005). The economics of peace: Trends and prospects of the Palestinian economy and labor market. *International Labor Review*, Vol. 144, Issue 1, 31–54. <https://doi.org/10.1111/j.1564-913X.2005.tb00558.x>
7. Richmond, O.P. (2005). *The Transformation of Peace*. London, Palgrave Macmillan, 286 p. <https://doi.org/10.1057/9780230505070>
8. Gittings, J. (2012). *The Glorious Art of Peace: From the Iliad to Iraq*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acprof:osobl/9780199575763.001.0001>
9. Gleditsch, N.P., Nordkvelle, J., Strand, H. (2014). Peace research — Just the study of war? *Journal of Peace Research*, Vol. 51, Issue 2, 145–158. <https://doi.org/10.1177/0022343313514074>
10. Reuveny, R., Kang, H. (1996). International Trade, Political Conflict/Cooperation, and Granger Causality. *American Journal of Political Science*, Vol. 40, No. 3, 973–970. <https://doi.org/10.2307/2111801>
11. Gilpin, R., Gilpin, J.M. (1987). *The Political Economy of International Relations*. Princeton University Press, 472 p. Available at: <http://www.jstor.org/stable/j.ctt19wct3>
12. Galtung, J. (1975). *Peace, Research, Education, Action*. Essay in Peace Research, Vol. 1. Copenhagen, Ejlers. Available at: <https://ub.unibas.ch/tox/IDSBB/001067169/PDF>
13. Byrne, S., Clarke, M.A., Rahman, A. (2018). Colonialism and peace and conflict studies. *Peace and Conflict Studies*, Vol. 25, No. 1, 1. <https://doi.org/10.46743/1082-7307/2018.1432>
14. Frieden, J.A., Lake, D.A. (1999). *International Political Economy: Perspectives on Global Power and Wealth*. 4th Edition. London; New York, Routledge, 496 p. <https://doi.org/10.4324/9780203518588>
15. Copeland, D.C. (1996). Economic Interdependence and War: A Theory of Trade Expectations. *International Security*, Vol. 20, No. 4, 5–41. <https://doi.org/10.2307/2539041>
16. Barkawi, T., Laffey, M. (1999). The Imperial Peace: Democracy, Force, and Globalization. *European Journal of International Relations*, Vol. 5, Issue 4, 403–434. <https://doi.org/10.1177/1354066199005004001>
17. Farber, H.S., Gowa, J. (1995). Politics and Peace. *International Security*, Vol. 20, No. 2, 123–146. <https://doi.org/10.2307/2539231>
18. Layne, C. (1994). Kant or Cant: The Myth of the Democratic Peace. *International Security*, Vol. 19, No. 2, 5–49. <https://doi.org/10.2307/2539195>
19. Lemke, D., Reed, W. (1996). Regime types and status quo evaluations: Power transition theory and the democratic peace. *International Interactions*, Vol. 22, Issue 2, 143–164. <https://doi.org/10.1080/03050629608434886>
20. Oren, I. (1995). The Subjectivity of the “Democratic” Peace: Changing U. S. Perceptions of Imperial Germany. *International Security*, Vol. 20, No. 2, 147–184. <https://doi.org/10.2307/2539232>
21. Rosato, S. (2003). The Flawed Logic of Democratic Peace Theory. *American Political Science Review*, Vol. 97, Issue 4, 585–602. <https://doi.org/10.1017/S0003055403000893>
22. Spiro, D.E. (1994). The Insignificance of the Liberal Peace. *International Security*, Vol. 19, No. 2, 50–86. <https://doi.org/10.2307/2539196>
23. Ekmekci, F. (2014). Democratic vs. Capitalist Peace: A Test in the Developing World. *Peace and Conflict Studies*, Vol. 21, Issue 1, 85–99. <http://dx.doi.org/10.46743/1082-7307/2014.1004>

24. Morbée, J., Proost, S. (2008). *Russian market power on the EU Gas Market: Can Gazprom does the same as in Ukraine?* <https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1084817>
25. Yared, p. (2010). A dynamic theory of war and peace. *Journal of Economic Theory*, Vol. 145, Issue 5, 1921–1950. <https://doi.org/10.1016/j.jet.2010.04.005>
26. Popescu, M.-F., Hurduzeu, G. (2015). Energy Challenges for Europe — Scenarios of the Importance of Natural Gas Prices from a Game Theory Perspective. *Journal of Game Theory*, Vol. 4, Issue 2, 26–35. <https://doi.org/10.5923/j.gt.20150402.02>
27. Horner, J., Morelli, M., Squintani, F. (2015). Mediation and Peace. *The Review of Economic Studies*, Vol. 82, Issue 4, 1483–1501. <https://doi.org/10.1093/restud/rdv022>
28. Ghalehno, R.K. (2022). Investigation of Decision Strategies in JCPOA Based on Game Theory Mechanism. *Innovation Management and Operational Strategies*, Vol. 3, Issue 4, 437–451. Available at: <http://dorl.net/dor/20.1001.1.27831345.1401.3.4.5.4>
29. Salimian, S., Shahbazi, K. (2017). Iran's Strategy in Utilizing Common Resources of Oil and Gas: Game Theory Approach. *Iranian Journal of Economic Studies*, Vol. 6, Issue 2, 185–202. <https://doi.org/10.22099/ijes.2018.28145.1423>
30. Kimbrough, E.O., Laughren, K., Sheremeta, R. (2020). War and Conflict in Economics: Theories, Applications, and Recent Trends. *Journal of Economic Behavior & Organization*, Vol. 178, 998–1013. <https://doi.org/10.1016/j.jebo.2017.07.026>
31. Attar, S., Abadi, E.R.S., Jargeh, M. (2019). A Study of the Nuclear Conflict between Iran and 5+1 Countries Based on Game Theory. *Political Strategic Studies*, Vol. 7, No. 27, 91–119. <https://doi.org/10.22054/qpps.2019.25889.1770>
32. Anderson, T., Mukherjee, C (2021). Seeking No War, Achieving No Peace: The Conflict over the Siachen Glacier. *Defence and Peace Economics*, Vol. 32, Issue 3, 253–270. <https://doi.org/10.1080/10242694.2019.1660839>
33. Salimian, S., Movahedi Beknazar, M., Shahbazi, K., Khalilzadeh Silabi, Z. (2022). The Role of the Investment in the Equilibrium of International Political Economy (Game Theory Approach). *Journal of Economic Sciences: Theory and Practice*, Vol. 79, Issue 2, 4–18. Available at: <https://www.ecosciences.edu.az/view.php?lang=en&menu=journal&id=430>
34. Gibbons, R. (1997). An Introduction to Applicable Game Theory. *Journal of Economic Perspective*, Vol. 11, No. 1, 127–149. <https://doi.org/10.1257/jep.11.1.127>
35. Osborne, M.J. (2004). *An Introduction to Game Theory*. New York, Oxford University Press. Available at: https://mathematicalolympiads.files.wordpress.com/2012/08/martin_j_osborne-an_introduction_to_game_theory-oxford_university_press_usa2003.pdf
36. Varoufakis, Y. (2008). Game Theory: Can it Unify the Social Sciences? *Organization Studies*, Vol. 29, Issue 8–9, 1255–1277. <https://doi.org/10.1177/0170840608094779>
37. Ozcan, I., Gok, S.Z.A. (2021). On cooperative fuzzy bubbly games. *Journal of Dynamics and Games*, Vol. 8, Issue 3, 267–275. <https://doi.org/10.3934/jdg.2021010>
38. Ozcan, I., Gok, S.Z.A., Weber G.-W. (2024). Peer group situations and games with fuzzy uncertainty. *Journal of Industrial and Management Optimization*, Vol. 20, Issue 1, 428–438. <https://doi.org/10.3934/jimo.2023084>
39. Fraenkel, A.S., Hearn, R.A., Siegel, A.N. (2015). Theory of Combinatorial Games. *In: Handbook of Game Theory with Economic Applications*. Edited by H. P. Young, S. Zamir. Vol. 4. Elsevier, 811–859. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53766-9.00015-X>

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Salah Salimian

PhD in Economics, Department of Economics, Urmia University, Urmia, Iran (5756151818, Iran, Urmia city, 11km SERO Road); ORCID <https://orcid.org/0000-0002-4938-950X> e-mail: salah-salimian@yahoo.com

Azadeh Ashrafi

Associate Professor, Department of Public Management, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran (1651153311, Iran, Tehran, Pasdaran Ave., 9); ORCID <http://orcid.org/0000-0001-5161-035X> e-mail: a.ashrafi@iau-tnb.ac.ir

FOR CITATION

Salimian, S., Ashrafi, A. (2024). Resolving Conflicts and Strengthening International Relations with Investment: Game Theory Approach. *Journal of Applied Economic Research*, Vol. 23, No. 1, 59–81. <https://doi.org/10.15826/vestnik.2024.23.1.003>

ARTICLE INFO

Received October 25, 2023; Revised November 11, 2023; Accepted November 23, 2023.

Разрешение конфликтов и укрепление международных отношений с инвестициями: подход теории игр

Салах Салимян¹  , Азаде Ашрафи² 

¹Университет Урмии,
г. Урмия, Иран

²Исламский университет Азад,
г. Тегеран, Иран

 salahsalimian@yahoo.com

Аннотация. Сегодня инвесторы уделяют международной концепции инвестиций больше внимания, чем когда-либо прежде. Кроме того, страны намерены использовать внутренний капитал для достижения своих целей, максимально предотвратив отток капитала. Настоящая статья, обращаясь к объективным примерам международных отношений, пытается дать ответ на важный вопрос экономического сотрудничества в форме международных инвестиций при их максимизации с помощью теории игр. Главный вопрос заключается в том, смогут ли инвестиции на международном уровне избежать войны и созидать? Авторы, используя теорию игр и дизайн игр между правительственными и инвесторами в качестве основных начальных этапов, рассмотрели три различных режима. В первом разделе было рассмотрено состояние, в котором две страны безразличны. Второе состояние включает в себя две конкурирующие (вражеские) страны, а третье состояние предполагает три страны, одна из которых является конкурентом, а другая является безразличной. Во втором разделе сначала рассматривается ситуация, когда две страны безразличны друг к другу. Тогда во втором случае соперниками (врагами) считаются две страны, а в третьем — три страны, одна из которых является конкурентом, а другая безразлична. Что касается полученного равновесия в трех ситуациях и для каждого из двух разделов, основной вывод заключается в том, что инвестор достигает наилучшего результата (равновесие Нэша), формируя портфель и инвестируя в различные рынки, а страны достигают наилучшего результата за счет сотрудничества и установления мира. Иными словами, результаты исследований на языке логики (математики) подтверждают влияние экономического сотрудничества на развитие мира.

Ключевые слова: мир; теория игр; статические игры с полной информацией; равновесие Нэша.

Список использованных источников

1. Galtung J. Theories of Peace: A Synthetic Approach to Peace Thinking. Oslo: International Peace Research Institute, 1967. 257 p. URL: https://www.transcend.org/files/Galtung_Book_unpub_Theories_of_Peace_-_A_Synthetic_Approach_to_Peace_Thinking_1967.pdf
2. Poulantzas N. J. G. Starke, An Introduction to the Science of Peace (Irenology), Leyden, 1968, Pp. 214 // Netherlands International Law Review. 1971. Vol. 18, Issue 2. Pp. 256–257. <https://doi.org/10.1017/S0165070X00027753>
3. Kroeker W. The peacebuilding spaces of local actors // Routledge Companion to Peace and Conflict Studies. Edited by S. Byrne, T. Matyók, I. M. Scott, J. Senehi. 1st edition. 2020. Pp. 57–67. <https://doi.org/10.4324/9781315182070-5>

4. *Stephenson C. M.* Peace and Conflict Studies, Overview // Encyclopedia of Violence, Peace, & Conflict (Third Edition). Vol. 1. Elsevier. 2020. Pp. 115–129. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820195-4.00163-1>
5. *Reagan A.* Reframing the Ontology of Peace Studies // Peace and Conflict Studies. 2023. Vol. 29, No. 2. 1. URL: <https://nsuworks.nova.edu/pcs/vol29/iss2/1>
6. *Egger Ph.* The economics of peace: Trends and prospects of the Palestinian economy and labor market // International Labor Review. 2005. Vol. 144, Issue 1. Pp. 31–54. <https://doi.org/10.1111/j.1564-913X.2005.tb00558.x>
7. *Richmond O. P.* The Transformation of Peace. London: Palgrave Macmillan, 2005. 286 p. <https://doi.org/10.1057/9780230505070>
8. *Gittings J.* The Glorious Art of Peace: From the Iliad to Iraq. Oxford University Press, 2012. <https://doi.org/10.1093/acprof:osobl/9780199575763.001.0001>
9. *Gleditsch N. P., Nordkvelle J., Strand H.* Peace research — Just the study of war? // Journal of Peace Research. 2014. Vol. 51, Issue 2. Pp. 145–158. <https://doi.org/10.1177/0022343313514074>
10. *Reuveny R., Kang H.* International Trade, Political Conflict/Cooperation, and Granger Causality // American Journal of Political Science. 1996. Vol. 40, No. 3. Pp. 973–970. <https://doi.org/10.2307/2111801>
11. *Gilpin R., Gilpin J. M.* The Political Economy of International Relations. Princeton University Press, 1987. 472 p. URL: <http://www.jstor.org/stable/j.ctt19wcc3>
12. *Galtung J.* Peace, Research, Education, Action // Essay in Peace Research. Vol. 1. Copenhagen: Ejlers, 1975. URL: <https://ub.unibas.ch/tox/IDSBB/001067169/PDF>
13. *Byrne S., Clarke M. A., Rahman A.* Colonialism and peace and conflict studies // Peace and Conflict Studies. 2018. Vol. 25, No. 1. 1. <https://doi.org/10.46743/1082-7307/2018.1432>
14. *Frieden J. A., Lake D. A.* International Political Economy: Perspectives on Global Power and Wealth. 4th Edition. London; New York: Routledge, 1999. 496 p. <https://doi.org/10.4324/9780203518588>
15. *Copeland D. C.* Economic Interdependence and War: A Theory of Trade Expectations // International Security. 1996. Vol. 20, No. 4. Pp. 5–41. <https://doi.org/10.2307/2539041>
16. *Barkawi T., Laffey M.* The Imperial Peace: Democracy, Force, and Globalization // European Journal of International Relations. 1999. Vol. 5, Issue 4. Pp. 403–434. <https://doi.org/10.1177/1354066199005004001>
17. *Farber H. S., Gowa J.* Politics and Peace // International Security. 1995. Vol. 20, No. 2. Pp. 123–146. <https://doi.org/10.2307/2539231>
18. *Layne C.* Kant or Cant: The Myth of the Democratic Peace // International Security. 1994. Vol. 19, No. 2. Pp. 5–49. <https://doi.org/10.2307/2539195>
19. *Lemke D., Reed W.* Regime types and status quo evaluations: Power transition theory and the democratic peace // International Interactions. 1996. Vol. 22, Issue 2. Pp. 143–164. <https://doi.org/10.1080/03050629608434886>
20. *Oren I.* The Subjectivity of the “Democratic” Peace: Changing U. S. Perceptions of Imperial Germany // International Security. 1995. Vol. 20, No. 2. Pp. 147–184. <https://doi.org/10.2307/2539232>
21. *Rosato S.* The Flawed Logic of Democratic Peace Theory // American Political Science Review. 2003. Vol. 97, Issue 4. Pp. 585–602. <https://doi.org/10.1017/S0003055403000893>
22. *Spiro D. E.* The Insignificance of the Liberal Peace // International Security. 1994. Vol. 19, No. 2. Pp. 50–86. <https://doi.org/10.2307/2539196>
23. *Ekmekci F.* Democratic vs. Capitalist Peace: A Test in the Developing World // Peace and Conflict Studies. 2014. Vol. 21, Issue 1. Pp. 85–99. <http://dx.doi.org/10.46743/1082-7307/2014.1004>
24. *Morbée J., Proost S.* Russian market power on the EU Gas Market: Can Gazprom does the same as in Ukraine? 2008. <https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1084817>
25. *Yared P.* A dynamic theory of war and peace // Journal of Economic Theory. 2010. Vol. 145, Issue 5. Pp. 1921–1950. <https://doi.org/10.1016/j.jet.2010.04.005>

26. Popescu M.-F., Hurduzeu G. Energy Challenges for Europe — Scenarios of the Importance of Natural Gas Prices from a Game Theory Perspective // *Journal of Game Theory*. 2015. Vol. 4, Issue 2. Pp. 26–35. <https://doi.org/10.5923/j.jgt.20150402.02>
27. Horner J., Morelli M., Squintani F. Mediation and Peace // *Review of Economic Studies*. 2015. Vol. 82, Issue 4. Pp. 1483–1501. <https://doi.org/10.1093/restud/rdv022>
28. Ghalehno R. K. Investigation of Decision Strategies in JCPOA Based on Game Theory Mechanism // *Innovation Management and Operational Strategies*. 2022. Vol. 3, Issue 4. Pp. 437–451. URL: <http://dorl.net/dor/20.1001.1.27831345.1401.3.4.5.4>
29. Salimian S., Shahbazi K. Iran's Strategy in Utilizing Common Resources of Oil and Gas: Game Theory Approach // *Iranian Journal of Economic Studies*. 2017. Vol. 6, Issue 2. Pp. 185–202. <https://doi.org/10.22099/ijes.2018.28145.1423>
30. Kimbrough E. O., Laughren K., Sheremeta R. War and Conflict in Economics: Theories, Applications, and Recent Trends // *Journal of Economic Behavior & Organization*. 2020. Vol. 178. Pp. 998–1013. <https://doi.org/10.1016/j.jebo.2017.07.026>
31. Attar S., Abadi E. R.S., Jargeh M. A Study of the Nuclear Conflict between Iran and 5+1 Countries Based on Game Theory // *Political Strategic Studies*. 2019. Vol. 7, No. 27. Pp. 91–119. <https://doi.org/10.22054/qps.2019.25889.1770>
32. Anderson T., Mukherjee C. Seeking No War, Achieving No Peace: The Conflict over the Siachen Glacier // *Defence and Peace Economics*. 2021. Vol. 32, Issue 3. Pp. 253–270. <https://doi.org/10.1080/10242694.2019.1660839>
33. Salimian S., Movahedi Beknazar M., Shahbazi K., Khalilzadeh Silabi Z. The Role of Investment in the Equilibrium of International Political Economy: Game Theory Approach // *Journal of Economic Sciences: Theory and Practice*. 2022. Vol. 79, Issue 2. Pp. 4–18. URL: <https://www.ecosciences.edu.az/view.php?lang=en&menu=journal&id=430>
34. Gibbons R. An Introduction to Applicable Game Theory // *Journal of Economic Perspective*. 1997. Vol. 11, No. 1. Pp. 127–149. <https://doi.org/10.1257/jep.11.1.127>
35. Osborne M. J. An Introduction to Game Theory. New York: Oxford University Press, 2004. URL: https://mathematicalolympiads.files.wordpress.com/2012/08/martin_j-osborne-an-introduction-to-game-theory-oxford-university-press-usa2003.pdf
36. Varoufakis Y. Game Theory: Can it Unifying the Social Sciences? // *Organization Studies*. 2008. Vol. 29, Issue 8–9. Pp. 1255–1277. <https://doi.org/10.1177/0170840608094779>
37. Ozcan I., Gok S. Z.A. On cooperative fuzzy bubbly games // *Journal of Dynamics and Games*. 2021. Vol. 8, Issue 3. Pp. 267–275. <https://doi.org/10.3934/jdg.2021010>
38. Ozcan I., Gok S. Z.A., Weber G.-W. Peer group situations and games with fuzzy uncertainty // *Journal of Industrial and Management Optimization*. 2024. Vol. 20, Issue 1. Pp. 428–438. <https://doi.org/10.3934/jimo.2023084>
39. Fraenkel A. S., Hearn R. A., Siegel A. N. Theory of Combinatorial Games. In: *Handbook of Game Theory with Economic Applications*. Edited by H. P. Young, S. Zamir. Vol. 4. Elsevier, 2015. Pp. 811–859. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53766-9.00015-X>

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Салимян Салах

PhD in Economics, факультет экономики, Университет Урмии, г. Урмия, Иран (5756151818, Iran, Urmia city, 11km SERO Road); ORCID <https://orcid.org/0000-0002-4938-950X> e-mail: salahsalimian@yahoo.com

Ашрафи Азаде

Доцент, кафедра государственного управления, Северо-Тегеранский филиал, Исламский университет Азад, г. Тегеран, Иран (1651153311, Iran, Tehran, Pasdaran Ave., 9); ORCID <http://orcid.org/0000-0001-5161-035X> e-mail: a.ashrafi@iau-tnb.ac.ir

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ

Салимян С., Ашрафи А. Разрешение конфликтов и укрепление международных отношений с инвестициями: подход теории игр // Journal of Applied Economic Research. 2024. Т. 23, № 1. С. 59–81. <https://doi.org/10.15826/vestnik.2024.23.1.003>

ИНФОРМАЦИЯ О СТАТЬЕ

Дата поступления 25 октября 2023 г.; дата поступления после рецензирования 11 ноября 2023 г.; дата принятия к печати 23 ноября 2023 г.



Измерение качества жизни населения при стохастическом выборе весов взвешенной главной компоненты

А. А. Мироненков  , А. Н. Курбацкий , М. В. Мироненкова 

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
г. Москва, Россия

 mironenkov@mse.msu.ru

Аннотация. Качество жизни населения является латентной категорией, которую, в силу невозможности прямого измерения, приходится оценивать как интегральный индикатор множества переменных. Согласно устоявшейся методологии, одним из основных инструментов при этом является первая главная компонента, то есть линейная свертка переменных, обладающая свойством минимизации вариации исходных признаков. Тот факт, что вариация признаков учитывается с одинаковым весом, может вызывать критику экономистов. Лишним этого недостатка развитием метода можно считать применение взвешенной главной компоненты, где весовые коэффициенты признаков при минимизации суммарной вариации задаются экспертно. Однако в этом случае возникает закономерный вопрос: не окажет ли экспертная субъективность существенное влияние на итоговый интегральный индикатор, как это происходит в случае его построения путем простой линейной свертки с экспертными весами? Целью данной работы является проверка применимости взвешенной первой главной компоненты как основного инструмента при построении интегрального индикатора качества жизни населения. В частности, предстоит проверить гипотезу о несущественности влияния неоднородности весов экспертных оценок на итоговый интегральный индикатор. При этом было бы полезно не только проиллюстрировать наличие или отсутствие, но и численно оценить меру этого влияния. В работе на основании эмпирических экспертных весов взвешенной главной компоненты по данным макростатистики проводится имитационное моделирование для оценки латентной переменной «качество жизни населения». При этом в отличие от большинства близких по тематике работ значения интегрального индикатора (и, соответственно, ранжирование наблюдений) представляются как интервальная оценка. Иными словами, результат оценивания представляется как случайная величина, где элементом случайности служит субъективность экспертного выбора весов взвешенной главной компоненты. Оказывается, даже в этом случае удается получить робастные и содержательные результаты, хорошо согласующиеся с выводами известных исследований в этой области.

Ключевые слова: интегральный индикатор; качество жизни населения; взвешенная первая главная компонента; стохастический выбор; имитационное моделирование.

1. Введение

Задача корректного и полного измерения качества жизни населения (КЖН), как и любой латентной категории, является сложной комплексной задачей со множеством особенностей.

Субъективистский или объективистский подход? Модель с обучением или без? Привлечение экспертов или оптимизация функционала? Линейная свертка или главная компонента? Главная компонента с весами или без? Точечная

или интервальная оценка признака? — на каждый из вопросов нет единого общепризнанно устоявшегося ответа.

В работе развивается предложенный Айвазяном [1] подход к измерению латентной категории при объективистском подходе на основе анализа макростатистики по странам мира. При этом в ряде работ Айвазян и др. [2, 3] придерживаются подхода «с обучением», то есть весовые оценки линейной свертки получены от экспертов, а в ряде работ Айвазян и др. [1, 4, 5] предлагают подход «без обучения», и итоговый результат получен при вычислении первой главной компоненты.

Kurbatskii & Mironenkov [6] приняли попытку объединить оба подхода путем вычисления взвешенной главной компоненты. Признавая указанный опыт успешным, отметим, что субъективность экспертных оценок продолжает влиять на итоговые значения интегрального индикатора. Возникает вопрос о существенности этого влияния, насколько сильно субъективные предпочтения экспертов влияют на значения интегрального индикатора. И можно ли в этих условиях получить какие-либо содержательные выводы об измеряемой латентной категории, корректно ли говорить о ранжировании наблюдений.

Целью исследования является проверка целесообразности использования взвешенной главной компоненты в качестве основного инструмента при построении интегрального индикатора качества жизни и оценка степени влияния субъективности экспертных весов на итоговые результаты оценки синтетической латентной категории в этом случае.

Для достижения указанной цели предстоит решить следующие задачи:

- сбор макростатистики в соответствии с требованиями (полнота, достоверность, доступность);
- получение экспертных данных о весах взвешенной главной компоненты;

- оценка параметров неоднородности экспертных оценок;
- оценка степени влияния неоднородности экспертных оценок на итоговый интегральный индикатор;
- получение содержательных выводов о странах-лидерах и странах-аутсайдерах рейтинга качества жизни населения в условиях субъективности экспертов.

При выполнении поставленных задач появляются численные оценки меры неоднородности экспертных оценок, а также численные характеристики меры разброса значений интегрального индикатора.

Основная гипотеза исследования — субъективность экспертных весов при использовании взвешенной главной компоненты в построении интегральных индикаторов несущественно влияет на значения интегрального индикатора и не искажает итоговый результат.

2. Обзор литературы

В задачах измерения латентной категории «качество жизни населения» нет единого устоявшегося подхода. Ряд исследований придерживается «субъективистского» подхода, то есть исследование отталкивается от «субъекта», от его наблюдений и ощущений. Другие исследователи отдают предпочтение «объективистскому» подходу, то есть основываются преимущественно на макропоказателях среды.

В работах Волковой [7] и Шаклеиной и др. [8] приведены обзор и сравнение подходов на данных регионов России.

Лещайкина [9] при межстрановом анализе социальной комфортности строит интегральный индикатор на комбинировании двух подходов: объективистского по данным WCU и субъективистского по данным опросов Gallup.

Эволюция понятия «качество жизни» от первого упоминания Кеннеттом

Гэлбрейтом с чрезвычайно широким толкованием до современных подходов к измерению приведена Волковой [10].

В работах, придерживающихся объективистского подхода, также нет единого мнения об используемых методах.

Мироненков [11] предлагает классифицировать регионы РФ на основе многокритериальной классификации по Парето, когда более высокий класс образован странами, показатели которых удовлетворяют соотношению Парето.

Айвазян и др. [12] для построения интегрального индикатора строят и решают оптимизационную модель на основе коэффициента корреляции.

Айвазян и др. [13] проводят кластеризацию регионов РФ на основе двух первых главных компонент.

подавляющее большинство исследователей для оценки латентной переменной используют линейную свертку с наперед (экспертно) заданными весами.

Blomquist at al. [14] ранжируют районы проживания (Urban Counties), сворачивая показатели благосостояния с заранее выбранными весами.

Беляева [15] для оценки показателя качества жизни сворачивает переменные четырех групп: благосостояние, качество социальной сферы, социальное самочувствие и безопасность, свободу выбора и самореализации.

Однако в современных исследованиях гораздо более распространена линейная свертка с весами, определяемыми по первой главной компоненте или ее вариациям.

Жгун [16] строит интегральный индикатор, распределяя унифицированный набор 37 переменных в три блока: благосостояние населения, качество населения, качество социальной сферы.

Fantazzini at al. [17] предложили включить в интегральный индикатор данные из поисковых систем (Google Trends).

Gresco at al. [18] при сравнительном анализе используемых для построения

композитных индексов подходов отмечают преимущества главной компоненты.

Волкова [19] рассматривает интегральный индикатор во времени, применяя обобщенную главную компоненту.

Slotte [20] применил интересный подход к ранжированию 126 стран: сначала построены 19 распространенных индексов качества жизни (L1, L2, ..., L19), и только потом они сворачиваются в единый интегральный индикатор и производится ранжирование.

Mazziotta & Pareto [21] исследовали преимущества и недостатки использования главных компонент в построении индексов качества жизни, а также использовали его при ранжировании регионов Италии.

Отметим, что техника построения интегрального индикатора на основе первой главной компоненты широко используется и в смежных областях.

Родченков [22] использует эту технику при построении интегрального индикатора удовлетворенности качеством финансовой отчетности.

Литвинцева и др. [23] оценивают меру цифровой составляющей качества жизни населения в регионах РФ.

Майбуров и др. [24] использует методологию Айвазяна оценки качества жизни населения как возможный критерий оценки эффективности налогового регулирования.

Kurbatskii & Mironenkov [6] для оценки интегрального индикатора качества жизни населения предложили ввести веса ценности восстановления переменных в первой главной компоненте и тем самым перейти к первой взвешенной главной компоненте.

При оценке латентной категории взвешенная главная компонента используется довольно редко.

Lloyd [25] и Harris at al. [26] используют взвешенную главную компоненту (gwPCA) как основной метод оценки латентных переменных в демографии.

Wu at al. [27] и Tomao at al. [28] используют взвешенную главную компоненту в урбанистике («urban science»).

Fan [29] провел обзор работ и обосновал, что взвешенные главные компоненты обычно используются в прикладных технических задачах, таких как анализ астрономических спектров Delchambre [30] и Tsalmantza & Hogg [31], визуализации биомедицинской статистики Swallow at al. [32] или для практической оценки качества подгонки моделей и выбора переменных («QoS criteria Successability and Availability») Sood at al. [33] и Qi at al. [34].

Burnaev & Chernova [35] предлагают итеративный алгоритм подгонки весов взвешенной главной компоненты при совершенствовании аэродинамического профиля крыла.

Отметим, что в подавляющем большинстве работ интегральный индикатор строится как точечная оценка, то есть каждый рассматриваемый субъект в итоге получает свое детерминированное значение. Такой подход удобен более наглядным результатом, однако говорить о детерминированности используемых в интегральном индикаторе предикторов не всегда справедливо. Поэтому отдельно хочется выделить работы, в которых интегральный индикатор строится в виде интервальной оценки.

De Mol at al. [36] обосновали преимущества Байесовского подхода к оценке интегральных индикаторов.

Audiger at al. [37] показали, что интервальные оценки параметров возникают как результат множественного восстановления (*multiple imputation*) пропусков в данных. Заметим, что такой подход перекликается с идеей настоящей статьи.

Можем видеть, что применение главной компоненты в задачах оценивания латентной категории имеет довольно широкое распространение. Взвешенная

главная компонента применяется гораздо реже и преимущественно в задачах технического плана.

Авторам неизвестны работы, в которых взвешенная главная компонента применяется при измерении латентной категории в социально-экономических задачах — измерении уровня счастья, качества жизни населения, измерения условий жизни, Well-Being index и других.

3. Методология и информационная база исследования

При построении интегральных индикаторов большинство исследователей придерживаются устоявшейся методологии, которая детально описана, например, в главе 2.3 работы [1]. Так, согласно Айвзяну, при измерении синтетической латентной категории и построении интегрального индикатора можно выделить следующие этапы:

1. Определение исходного набора статистических показателей, характеризующих исследуемую категорию (априорный набор переменных).
2. Отбор и (если требуется) разбиение на блоки априорного набора.
3. Унификация и стандартизация набора данных, обезразмеривание и работа с пропусками.
4. Если требуется — построение внутриблочных индикаторов.
5. Разработка и построение сводного интегрального индикатора — измерителя интересующей синтетической латентной категории.
6. Постанализ. Построение и анализ показателей авто- и межтерриториальной динамики интегрального индикатора КЖН.

Предпоследний пункт предполагает различные реализации в зависимости от того, используется ли в оценке подход «с обучением», когда для оцен-

ки коэффициентов требуется привлечение экспертов или используется подход «без обучения», то есть коэффициенты модели могут быть найдены как решение оптимизационных задач. Как правило, итоговый интегральный индикатор строится как линейная свертка частных критериев. При этом в подходе «с обучением» коэффициенты этой линейной свертки могут либо назначаться экспертно, либо быть найдены как результат регрессионной модели, когда экспертно указывается зависимая переменная принадлежность к классу качества жизни.

Подход «без обучения» предполагает построение интегрального индикатора из соображений оптимизации некоторого функционала. В случае если таким функционалом выбирается квадрат отклонений невязок, то искомая комбинация может быть найдена как первая главная компонента унифицированного набора данных Jolliffe [38]. Взятие первой главной компоненты или ее вариации являются наиболее часто используемым приемом при построении интегральных индикаторов.

Kurbatskii & Mironenkov [6] и Мироненков [39] предложили развитие инструментария первой главной компоненты путем введения весов ценности восстановления исходных данных.

Иными словами, интегральный индикатор Π ищется как линейная свертка:

$$\Pi = u^1 x^1 + u^2 x^2 + \dots + u^k x^k, \quad (1)$$

веса u^1, u^2, \dots, u^k подбираются из условия

$$u^1, \dots, u^k = \arg \min \begin{pmatrix} w^1 (\hat{x}^1 - x^1)^2 + \\ + w^2 (\hat{x}^2 - x^2)^2 + \dots + \\ + w^k (\hat{x}^k - x^k)^2 \end{pmatrix}, \quad (2)$$

где восстановление j -й унифицированной переменной по взвешенной главной компоненте ищется как:

$$\hat{x}^j = x^j \cdot (\Pi^T \Pi)^{-1} \cdot (\Pi^{T0} x^j).$$

При этом веса w^1, \dots, w^k взвешенной главной компоненты (то есть ценность вариации исходных переменных, сохраняемых в главной компоненте) предполагалось выбирать экспертно. Тем самым при сохранении методологии подхода «без обучения» в построение интегрального индикатора был включен элемент подхода «с обучением». В работах [6, 39] было отмечено, что при выборе весов w^1, \dots, w^k эксперты сильно разнятся в своем выборе.

Естественным образом возникает задача оценки степени влияния субъективности экспертов при выборе весов взвешенной главной компоненты. Иными словами, предлагается, исходя из стохастичности экспертных оценок, оценить меру их влияния на итоговый интегральный индикатор при сохранении методологии его построения. Таким образом, план построения интегрального индикатора трансформируется следующим образом.

1. Определение исходного набора статистических показателей.
2. Отбор, обезразмеривание, работа с пропусками, унификация исходных данных.
3. Получение экспертных оценок весовых коэффициентов:

- исследование полученных экспертных оценок на (не)однородность;
- получение вида и параметров распределения экспертных оценок.

4. Многократное моделирование экспертных оценок. Вычисление интегрального индикатора качества жизни населения для каждого набора смоделированных экспертных весов.

5. Анализ параметров распределения значений интегрального индикатора. Категории и ранжирование исследуемых объектов.
6. Постанализ. Получение содержательных выводов об исследуемой категории и ранжирование исследуемых объектов. Набор частных критериев для анализа представлен в табл. 1.

Таблица 1. Априорный и апостериорный набор частных критериев синтетической латентной категории «качество жизни» в межстрановом анализе

Table 1. A priori and a posteriori set of partial criteria for the synthetic latent category "quality of life" in cross-country analysis

N	Переменная (частный критерий)	Обозначение	Формула унификации
1	ВВП на душу населения с учетом паритета покупательной способности, долл.	x^1	(3)
2	Производительность труда, долл.	x^2	(3)
3	Расходы на личное потребление на душу, долл.	x^3	(3)
4	Доля неграмотных среди населения старше 15 лет, %	x^4	(4)
5	Коэффициент имущественного неравенства, разы	x^5	(4)
6	Индекс потребительских цен, %	x^6	(4)
7	Ожидаемая (при рождении) продолжительность жизни, лет	x^7	(3)
8	Младенческая смертность: среднее число умерших в возрасте до 1 года, приходящееся на 1 000 родившихся	x^8	(4)
9	Выбросы CO ₂ , метрические тонны на 1 млн долл. ВВП	x^9	(4)
10	Общие расходы на НИОКР, % к ВВП	x^{10}	(3)

Данные взяты из каталога Всемирного банка. На момент обращения актуальными являлись данные за 2019 г. Для нескольких стран некоторые переменные за последний год были недоступны, в этом случае значения заменялись предыдущим доступным годом. Проведение какой-либо другой работы с пропусками не потребовалось.

Поскольку данные имеют различные единицы измерения, то для приведения их к соизмеримому виду требуется унификация данных. Унифицирующее преобразование для переменных, для ко-

торых большее значение соответствует лучшему значению интегрального индикатора, задается равенством:

$$\bar{x}_i^j = 10 \cdot \frac{x_i^j - x_{\min}^j}{x_{\max}^j - x_{\min}^j}. \tag{3}$$

А для переменных, имеющих с интегральным индикатором обратную связь, равенством:

$$\bar{x}_i^j = 10 \cdot \frac{x_{\max}^j - x_i^j}{x_{\max}^j - x_{\min}^j}. \tag{4}$$

Таким образом, в результате унифицирующего преобразования все переменные принимают значения в диапазоне от 0 до 10, где значение 10 является наилучшим в контексте интересующей нас синтетической латентной категории. Размерность унифицированных данных отсутствует.

Напомним, что набор частных критериев (переменных) собран таким образом, чтобы этот набор «всесторонне и полностью характеризовал анализируемую синтетическую категорию» [1]. Следовательно, набор переменных является полной характеристикой исследуемой величины, а сжатие (свертка) этого набора является характеристикой меньшей размерности данной латентной категории. Наилучшей (сохраняющей максимум взвешенной вариации исходных данных) линейной сверткой является взвешенная первая главная компонента. Таким образом ее и следует использовать как меру измеряемой латентной категории.

Напомним, что веса (весовые нагрузки) главной компоненты u^1, \dots, u^k вычисляются из соображений максимизации взвешенной вариации, или, по-другому, из соображений минимизации потерь взвешенной вариации исходного набора данных. При этом потери вычисляются с заданными заранее весами w^1, \dots, w^k .

Для определения заранее заданных весов w^1, \dots, w^k были привлечены эксперты. Ими выступили исследователи одной научной школы, которые в разное время были коллегами или учениками С. А. Айвазяна, а в настоящее время являются сотрудниками ЦЭМИ РАН, Высшей школы экономики или МГУ им. М. В. Ломоносова.

Критерии отбора экспертов:

1. Компетентность — в качестве экспертов привлечены авторы публикаций по оценке социальной комфортности,

анализа качества жизни населения или построения интегральных индикаторов, проиндексированных в международных базах WoS / Scopus / РИНЦ.

2. Доступность — авторы имели возможность обратиться за экспертной оценкой, а эксперты нашли возможность запрошенные оценки предоставить.

Отобраным таким образом десяти экспертам был задан вопрос: «Оцените в баллах от 1 до 10 ценность, с которой вариация каждой из переменных должна учитываться в Интегральном индикаторе качества жизни (то есть укажите веса взвешенной главной компоненты), где 10 — самая ценная переменная». Результаты ответов представлены в табл. 2.

Несмотря на принадлежность к одной научной школе, экспертные оценки существенно разнятся. Так, например, первый опрошенный эксперт считает, что в интегральном индикаторе наибольшую ценность представляет вариация переменной «Ожидаемая при рождении продолжительность жизни», в то время как третий эксперт на первое место ставит «ВВП на душу населения», а ожидаемую продолжительность жизни ценит меньше и предлагает сохранять ее вариацию с весом 7 (из 10). Индекс потребительских цен является наиболее важным для второго эксперта, в то время как для первого, четвертого и пятого экспертов эта переменная является наименее ценной.

Возникает вопрос о том, насколько сильно подобная неоднородность экспертных оценок повлияет на итоговый результат при построении интегрального индикатора.

7. Результаты исследования

В табл. 3 приведена корреляционная матрица экспертных оценок весов. Видим, что, несмотря на принадлеж-

ность к одной научной школе, ответы экспертов в значительной степени неоднородны. Например, ответы первого и второго экспертов имеют сильную об-

ратную зависимость, коэффициент корреляции $r = -0,71$, значим, соответствующее t -значение $t = -2,8876$, $df = 8$, $p_value = 0,02027$.

Таблица 2. Результаты экспертных оценок степени важности сохранения вариации исходных переменных в итоговом интегральном индикаторе

Table 2. Results of expert assessments of the degree of importance of maintaining variation in the initial variables in the final integral indicator

Веса ω ценности сохранения информации	Expert 1	Expert 2	Expert 3	Expert 4	Expert 5	Expert 6	Expert 7	Expert 8	Expert 9	Expert 10
ВВП на душу населения с учетом ППС, долл.	7	9	10	8	5	7	8	9	10	4
Производительность труда, долл.	8	8	8	8	6	5	2	7	4	4
Расходы на личное потребление на душу, долл.	6	8	8	9	7	7	9	7	5	8
Доля неграмотного населения, %	9	5	7	6	8	5	1	6	8	8
Коэффициент имущественного неравенства (Gini)	6	9	7	10	8	7	3	6	4	6
Индекс потребительских цен, %	5	10	8	5	5	4	7	4	5	7
Ожидаемая продолжительность жизни, лет	10	6	7	8	10	9	10	7	9	8
Младенческая смертность (среднее число случаев)	8	5	7	4	9	10	6	6	10	3
Выбросы CO ₂ , метрические тонны	6	7	6	6	7	6	5	3	8	5
Общие расходы на НИОКР, % к ВВП	7	6	9	7	8	8	4	3	7	2

Таблица 3. Корреляционная матрица экспертных весов ценности вариации

Table 3. Correlation matrix of expert weights of the value of variation

	Expert 1	Expert 2	Expert 3	Expert 4	Expert 5	Expert 6	Expert 7	Expert 8	Expert 9	Expert 10
Expert 1	1,00									
Expert 2	-0,71	1,00								
Expert 3	-0,15	0,37	1,00							
Expert 4	-0,05	0,40	0,22	1,00						
Expert 5	0,63	-0,76	-0,53	-0,01	1,00					
Expert 6	0,40	-0,52	-0,03	0,01	0,71	1,00				

Окончание табл. 3

	Expert 1	Expert 2	Expert 3	Expert 4	Expert 5	Expert 6	Expert 7	Expert 8	Expert 9	Expert 10
Expert 7	-0,05	0,20	0,21	0,07	0,03	0,41	1,00			
Expert 8	0,39	0,15	0,37	0,44	-0,08	0,17	0,28	1,00		
Expert 9	0,49	-0,56	0,04	-0,46	0,32	0,55	0,33	0,17	1,00	
Expert 10	0,10	0,13	-0,37	0,23	0,11	-0,32	0,26	0,21	-0,21	1,00

В качестве иллюстрации влияния меры экспертной неоднородности на итоговый результат в соответствии с выбранной методологией были построены три интегральных индикатора: по первой главной компоненте

(то есть по взвешенной главной компоненте с единичными весами), по взвешенной главной компоненте с весами первого эксперта, по взвешенной главной компоненте с весами второго эксперта (табл. 4).

Таблица 4. Интегральный индикатор качества жизни населения с различным набором весов взвешенной первой главной компоненты

Table 4. Integral indicator of the quality of life of the population with a different set of weights of the weighted first principal component

Ранг	Единичные веса	Весы эксперта 1	Весы эксперта 2
1	Luxembourg	Luxembourg	Luxembourg
2	Switzerland	Switzerland	Switzerland
3	Norway	Norway	Norway
4	Iceland	Iceland	Iceland
5	United States	Denmark	United States
6	Denmark	Sweden	Denmark
7	Sweden	United States	Sweden
8	Israel	Israel	Ireland
9	Austria	Ireland	Australia
10	Australia	Austria	Austria
...			
45	Russian Federation	Bulgaria	Russian Federation
46	Serbia	Serbia	Mauritius
47	Turkey	Russian Federation	Thailand
48	Thailand	Thailand	Serbia
49	North Macedonia	North Macedonia	Turkey

Окончание табл. 4

Ранг	Единичные веса	Веса эксперта 1	Веса эксперта 2
50	Mauritius	Kazakhstan	North Macedonia
51	Kazakhstan	Mexico	Mexico
52	Mexico	Mauritius	Jordan
53	Jordan	Jordan	Kazakhstan
54	Brazil	Brazil	Brazil
...			
99	Cote d'Ivoire	Cote d'Ivoire	Mali
100	Mali	Lesotho	Sudan
101	Lesotho	Mali	Lesotho
102	Nigeria	Nigeria	Chad
103	Chad	Chad	Nigeria

Несмотря на то, что веса экспертов существенно отличаются, итоговые результаты ранжировки отличаются не столь заметно — вне зависимости от выбора экспертов в начале списка оказываются Люксембург, Швейцария и Норвегия, а замыкают список из 103 стран Нигерия и Чад.

В то же время нельзя сказать, что влияние отсутствует. Так, например, при различном наборе весов на 15-м месте рейтинга оказываются Мавритания, Казахстан или Македония. Для оценки степени влияния субъективности экспертов на итоговый результат проведем имитационное моделирование и оценим

степень разброса интегрального индикатора в зависимости от выбора весов.

На рис. 1 приведены распределения экспертных весов ценности вариации для нескольких переменных. Для проверки гипотезы о нормальности распределения экспертных весов проведем соответствующие тесты для каждой переменной.

Результаты тестов Шапиро — Уилка приведены в табл. 5, столбец SW — значение статистики и столбец SW_p — соответствующее значение p-value. Столбцы KS и KS_p содержат те же значения для критерия Колмогорова — Смирнова (табл. 5).

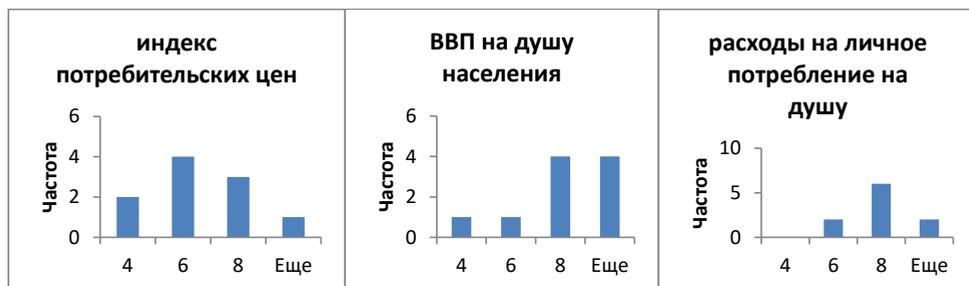


Рис. 1. Распределение экспертных весов ценности вариации для нескольких переменных
 Figure 1. Distribution of expert weights of the value of variation for several variables

Таблица 5. Результаты проверки нормальности распределения весов

Table 5. Results of weights distribution normality testing

Переменная	Вес	mu	sd	SW	SW_p	KS	KS_p
ВВП на душу населения с учетом ППС, долл.	ω_1	7,7	2	0,920	0,353	0,4	0,366
Производительность труда, долл.	ω_2	6	2,16	0,864	0,085	0,3	0,763
Расходы на личное потребление на душу, долл.	ω_3	7,4	1,26	0,930	0,445	0,6	0,041
Доля неграмотного населения, %	ω_4	6,3	2,31	0,880	0,130	0,4	0,368
Коэффициент имущественного неравенства, разы	ω_5	6,6	2,12	0,968	0,868	0,3	0,763
Индекс потребительских цен, %	ω_6	6	1,94	0,868	0,095	0,4	0,393
Ожидаемая продолжительность жизни, лет	ω_7	8,4	1,43	0,908	0,268	0,3	0,763
Младенческая смертность (среднее число случаев)	ω_8	6,8	2,44	0,949	0,659	0,2	0,988
Выбросы CO ₂ , метрические тонны	ω_9	5,9	1,37	0,926	0,407	0,3	0,724
Общие расходы на НИОКР, % к ВВП	ω_{10}	6,1	2,33	0,902	0,230	0,4	0,393

Ни по одной переменной гипотеза о нормальности распределения весов не отвергается. Столбцы mu и sd содержат соответственно выборочные средние и стандартные отклонения весов ценности. Так, можно видеть, что в среднем наиболее ценной для экспертов является вариация переменной «Ожидаемая продолжительность жизни», а наибольшая неоднородность наблюдается при оценке переменной «Младенческая смертность».

Далее в соответствии с полученными параметрами проводится многократ-

ное ($N = 1000$) моделирование экспертных весов. Для каждого набора весов вычисляется значение интегрального индикатора качества жизни населения. Напомним, что интегральный индикатор ищется как линейная свертка с весовыми коэффициентами u^1, u^2, \dots, u^{10} . Для различного набора весов вариации w^1, w^2, \dots, w^{10} набор весовых коэффициентов будет различаться. Так, для единичных весов весовые нагрузки (нормированные на единичную сумму квадратов) приведены в табл. 6.

Таблица 6. Весовые нагрузки взвешенной главной компоненты с единичными весами

Table 6. Weight loads of the weighted principal component with unit weights

U^1	U^2	U^3	U^4	U^5	U^6	U^7	U^8	U^9	U^{10}
0,33	0,29	0,48	0,31	0,10	0,16	0,43	0,39	0,03	0,33

Наибольший вклад в главную компоненту вносят переменные «Расходы на личное потребление» и «Ожидаемая продолжительность жизни».

При различных значениях экспертных весов ценности вариации w^1, w^2, \dots, w^{10} весовые коэффициенты u^1, u^2, \dots, u^{10} также будут изменяться.

На рис. 2 приведены распределения нагрузочных коэффициентов при нескольких переменных. Отметим, что распределения имеют колоколообразный вид, а колебания нагрузочных коэффициентов невелики. К примеру, почти все значения коэффициента при переменной «расходы на личное потребление» лежат в диапазоне от 0,46 до 0,51.

Значение интегрального индикатора каждой страны меняется для разного набора весов ценности. Так, для Российской Федерации распределение значений интегрального индикатора при моделировании экспертных весов, а также распределение рангов при ранжировании стран по показателю качества жизни населения приведены на рис. 3.

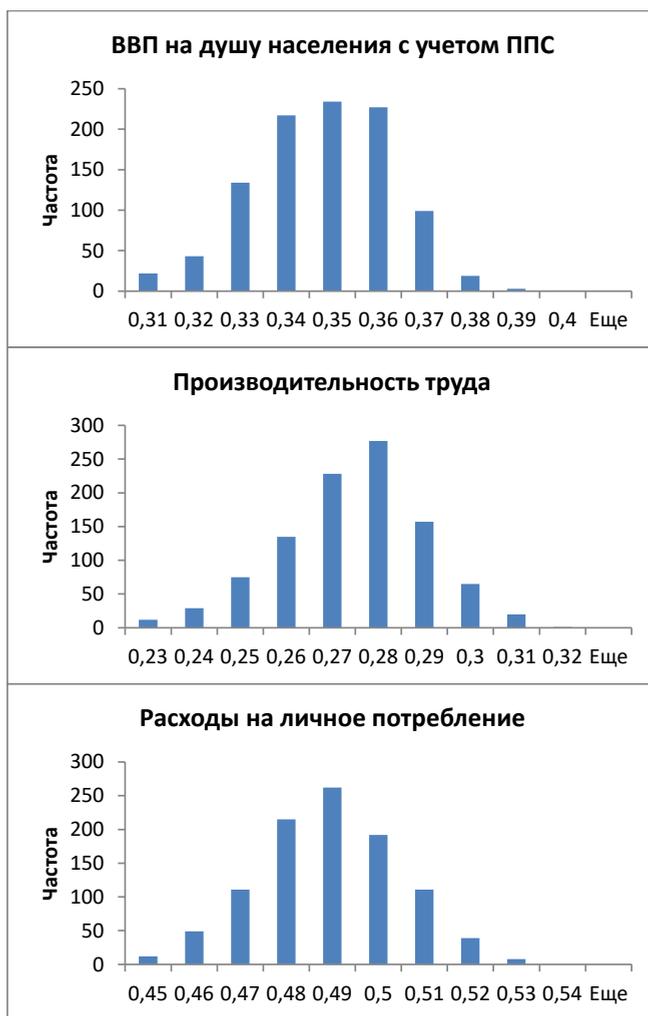


Рис. 2. Распределение нагрузочных коэффициентов линейной свертки U^j при различных наборах весовых коэффициентов w^j ценности вариации переменных

Figure 2. Distribution of loading coefficients of linear convolution U^j for different sets of weighting coefficients w^j of the value of variation of variables



Рис. 3. Распределение значений интегрального индикатора при различных значениях весов взвешенной главной компоненты

Figure 3. Distribution of integral indicator values for different weights of the weighted principal component

Можно отметить, что почти во всех случаях значение интегрального индикатора лежит в узком диапазоне от 3,7 до 4,2. При этом почти для всех моделируемых экспертных весов w^1, w^2, \dots, w^{10} Российская Федерация занимает 47-е место, иногда занимая 46, 45 или 48 места.

Напомним, что для каждой страны тысячу раз вычислено значение интегрального индикатора. На рис. 4 приведены коробчатые диаграммы для каждой из 103 рассматриваемых стран. По горизонтали откладываются значения индикатора качества жизни. Страны упорядочены по убыванию выборочного

среднего значения ИИ КЖН. Можно видеть, что почти при любом наборе экспертных весов значение ИИ КЖН для лидера рейтинга Люксембурга оказывается в диапазоне 7–7,5 баллов, при этом межквартильный размах составляет около 0,1 балла. Визуально на приведенном рисунке явно выделяется группа стран — лидеров рейтинга (примерно четверть стран) и группа стран — аутсайдеров рейтинга (еще около четверти выборки).

Итоговые показатели моделирования (среднее значение, стандартное отклонение и медиана) по 103 наблюдениям приведены в табл. 7.

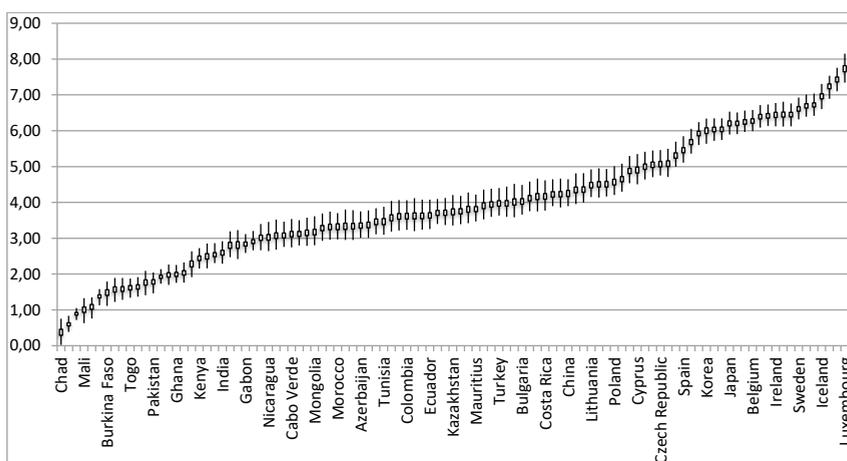


Рис. 4. Коробчатые диаграммы значений интегрального индикатора качества жизни населения при различных значениях весов взвешенной главной компоненты

Figure 4. Box plots of the values of the integral indicator of the quality of life of the population at various values of the weights of the weighted principal component

Таблица 7. Среднее, стандартное отклонение и медиана значений интегрального индикатора качества жизни при различных значениях весов w^1, w^2, \dots, w^{10} ценности сохранения вариации, а также доля стран, имеющих значение ИИ КЖН ниже, чем у данной страны по всем итерациям

Table 7. Average, standard deviation and median values of the integral indicator of quality of life for various values of weights w^1, w^2, \dots, w^{10} of value of maintaining variation, and also the share of countries with an QOL II value lower than that of a given country for all iterations

Ранг	Страна	Ср. знач.	Стд. откл.	Медиана	Доля стран, %
1	Luxembourg	7,74	0,12	7,73	100,00
2	Switzerland	7,44	0,1	7,43	99,02
3	Norway	7,24	0,1	7,24	98,04
4	Iceland	6,97	0,1	6,96	97,06
5	United States	6,73	0,09	6,72	95,10
6	Denmark	6,70	0,09	6,69	95,10
7	Sweden	6,61	0,1	6,61	93,14
8	Australia	6,45	0,1	6,45	89,22
9	Israel	6,45	0,11	6,45	89,22
10	Ireland	6,44	0,1	6,44	89,22
11	Austria	6,42	0,09	6,42	89,22
12	Finland	6,39	0,1	6,39	89,22
13	Belgium	6,27	0,09	6,27	86,27
14	Germany	6,24	0,09	6,24	85,29
15	Netherlands	6,21	0,09	6,21	85,29
16	Japan	6,20	0,1	6,20	85,29
17	France	6,04	0,1	6,04	82,35
18	Canada	6,03	0,1	6,03	82,35
19	Korea	6,00	0,11	6,00	81,37
20	United Kingdom	5,92	0,1	5,92	81,37
21	Italy	5,68	0,11	5,68	80,39
22	Spain	5,45	0,11	5,45	79,41
23	Slovenia	5,30	0,11	5,31	78,43
24	Malta	5,07	0,11	5,07	75,49
25	Czech Republic	5,06	0,11	5,06	75,49
26	Portugal	5,04	0,11	5,04	75,49

Продолжение табл. 7

Ранг	Страна	Ср. знач.	Стд. откл.	Медиана	Доля стран, %
27	Greece	4,99	0,11	4,99	74,51
28	Cyprus	4,89	0,12	4,89	72,55
29	Estonia	4,87	0,11	4,87	72,55
30	Slovak Republic	4,64	0,11	4,64	71,57
31	Poland	4,56	0,11	4,56	70,59
32	Hungary	4,50	0,11	4,50	67,65
33	Croatia	4,49	0,11	4,50	67,65
34	Lithuania	4,47	0,11	4,47	67,65
35	Latvia	4,35	0,11	4,35	64,71
36	Chile	4,34	0,12	4,34	64,71
37	China	4,24	0,11	4,25	60,78
38	Malaysia	4,22	0,11	4,22	60,78
39	Uruguay	4,22	0,11	4,22	62,75
40	Costa Rica	4,16	0,12	4,16	60,78
41	Montenegro	4,15	0,12	4,15	60,78
42	Romania	4,11	0,11	4,11	59,80
43	Bulgaria	4,02	0,11	4,02	56,86
44	Bosnia and Herzegovina	4,00	0,13	4,00	54,90
45	Serbia	3,96	0,12	3,96	54,90
46	Turkey	3,96	0,11	3,96	53,92
47	Russian Federation	3,93	0,11	3,94	53,92
48	Thailand	3,90	0,12	3,90	53,92
49	Mauritius	3,81	0,11	3,81	51,96
50	North Macedonia	3,80	0,12	3,80	51,96
51	Mexico	3,74	0,11	3,74	49,02
52	Kazakhstan	3,73	0,11	3,73	48,04
53	Brazil	3,70	0,1	3,70	45,10
54	Jordan	3,70	0,11	3,70	48,04
55	Ecuador	3,63	0,11	3,63	45,10
56	Armenia	3,61	0,11	3,61	43,14
57	Colombia	3,61	0,11	3,61	43,14
58	Sri Lanka	3,61	0,12	3,61	43,14

Продолжение табл. 7

Ранг	Страна	Ср. знач.	Стд. откл.	Медиана	Доля стран, %
59	Peru	3,60	0,12	3,60	43,14
60	Georgia	3,56	0,12	3,56	42,16
61	Tunisia	3,46	0,12	3,46	40,20
62	Algeria	3,45	0,11	3,46	39,22
63	Vietnam	3,36	0,11	3,36	35,29
64	Azerbaijan	3,34	0,1	3,35	35,29
65	El Salvador	3,32	0,12	3,33	34,31
66	Morocco	3,32	0,12	3,32	33,33
67	Ukraine	3,32	0,12	3,33	33,33
68	Moldova	3,30	0,11	3,31	33,33
69	Paraguay	3,27	0,11	3,27	33,33
70	Mongolia	3,16	0,11	3,16	29,41
71	Kyrgyz Republic	3,14	0,11	3,14	29,41
72	Indonesia	3,11	0,1	3,12	28,43
73	Cabo Verde	3,10	0,11	3,11	28,43
74	Philippines	3,07	0,1	3,07	25,49
75	Honduras	3,06	0,12	3,06	27,45
76	Guatemala	3,01	0,11	3,01	25,49
77	Nicaragua	3,01	0,12	3,02	25,49
78	Botswana	2,90	0,08	2,91	22,55
79	Gabon	2,83	0,08	2,84	21,57
80	Egypt	2,80	0,11	2,80	21,57
81	Iraq	2,80	0,13	2,81	21,57
82	India	2,59	0,1	2,60	19,61
83	South Africa	2,54	0,08	2,54	18,63
84	Nepal	2,49	0,11	2,49	17,65
85	Kenya	2,44	0,09	2,44	17,65
86	Senegal	2,28	0,12	2,28	16,67
87	Madagascar	2,03	0,09	2,03	14,71
88	Ghana	1,99	0,08	1,99	12,75
89	Uganda	1,97	0,09	1,97	12,75
90	Eswatini	1,92	0,06	1,92	10,78

Окончание табл. 7

Ранг	Страна	Ср. знач.	Стд. откл.	Медиана	Доля стран, %
91	Pakistan	1,78	0,09	1,78	10,78
92	Ethiopia	1,76	0,1	1,76	10,78
93	Burundi	1,64	0,09	1,64	7,84
94	Togo	1,62	0,09	1,62	6,86
95	Sudan	1,58	0,09	1,58	5,88
96	Gambia	1,56	0,11	1,57	6,86
97	Burkina Faso	1,48	0,12	1,48	4,90
98	Congo	1,38	0,07	1,37	4,90
99	Cote d'Ivoire	1,08	0,1	1,08	3,92
100	Mali	1,01	0,12	1,01	1,96
101	Lesotho	0,89	0,06	0,89	1,96
102	Nigeria	0,60	0,07	0,60	0,98
103	Chad	0,48	0,13	0,59	0,00

Отдельный интерес для читателя может представлять таблица сопряженности, то есть таблица частот взаимного расположения в рейтинге. Для каждого моделируемого набора весов для каждой пары стран указано их взаимное расположение в рейтинге.

Таким образом, в результате тысячекратного моделирования экспертных весов и вычисления интегрального индикатора качества жизни населения для каждой пары стран может быть вычислена относительная частота, с которой одна из стран находилась в рейтинге выше другой. Полная таблица размера 103 на 103 оказывается слишком громоздкой для журнальной публикации¹. Ее фрагмент указан в табл. 8.

Число в таблице показывает относительную частоту, с которой страна по горизонтали находится в итоговом рейтинге выше, чем страна по верти-

кали. Так, в 100 % случаев значение интегрального индикатора качества жизни населения Польши превосходит значение интегрального индикатора Португалии. А значение в таблице 0,94 означает, что из 1 000 итераций в 940 случаях Сербия находится в рейтинге выше России, а в 60 случаях интегрального индикатора качества жизни населения России оказывается больше.

Если просуммировать значения по строке для страны, то полученное число можно интерпретировать как среднюю по итерациям долю стран, выше которых она находится. Так, значение 100 % в строке «Люксембург» означает, что ни при каком смоделированном наборе весов ни одна страна не имела значение интегрального индикатора качества жизни населения выше, чем значение интегрального индикатора Люксембурга в этой итерации. Соответствующие суммы приведены в последнем столбце табл. 7.

¹ Полная таблица сопряженности доступна по адресу: <https://disk.yandex.ru/i/2tfMqNF3tDsssA>

Таблица 8. Фрагмент таблицы сопряженности относительных частот взаимного расположения в рейтинге по интегральному индикатору качества жизни населения

Table 8. Fragment of the contingency table of relative frequencies of relative positions in the rating according to the integral indicator of the quality of life of the population

	Poland	Portugal	Romania	Russian Federation	Senegal	Serbia	Slovak Republic	Slovenia	South Africa
Poland	0	0	1	1	1	1	0	0	1
Portugal	1	0	1	1	1	1	1	0	1
Romania	0	0	0	1	1	1	0	0	1
Russian Federation	0	0	0	0	1	0,06	0	0	1
Senegal	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Serbia	0	0	0	0,94	1	0	0	0	1
Slovak Republic	1	0	1	1	1	1	0	0	1
Slovenia	1	1	1	1	1	1	1	0	1
South Africa	0	0	0	0	1	0	0	0	0

8. Обсуждение

Идея настоящей работы возникла на международной конференции «Ломоносов-2020». Представленный тогда доклад о возможности применения взвешенной первой главной компоненты в качестве возможного пути развития методологии Айвазяна построения интегральных индикаторов вызвал у участников интерес и живые обсуждения. Критике подвергся выбор весов взвешенной главной компоненты, при этом присутствующие эксперты не пришли к единому мнению о том, какими они должны быть. Несмотря на отсутствие единства по поводу выбранных весов, полученные результаты в части ранжирования стран сомнению не подвергались. Так появилась гипотеза о несущественности влияния экспертных оценок

весов взвешенной главной компоненты на результаты ранжирования, и возникла задача это влияние оценить и проиллюстрировать.

У внимательного читателя может возникнуть закономерный вопрос, почему мы предъявляем экспертам требования принадлежности к одной научной школе. Изначально, при планировании эксперимента предполагалось, что привлечение разнородных экспертов даст слишком сильный разброс экспертных весов, что чрезмерно повлияет на результаты ранжирования.

Однако на практике оказалось, что эксперты даже одной научной школы дают сильно отличающиеся ответы (ряд экспертных весов имеют значимую отрицательную корреляцию), и, следовательно, от указанного требования можно

отказаться без какого-либо существенно-го влияния на итоговый результат. При этом результаты ранжирования по-прежнему остаются наглядными и содержательными.

Хочется отметить хорошую согласованность полученных интервалов с результатами близких по тематике исследований. Так, академик Полтерович [40] в своем исследовании удовлетворенности жизнью выделяет семь стран-лидеров, которые принадлежат к лидерам и в текущем исследовании. В статистическом ежегоднике World Happiness Report авторы Helliwell at al. [41] и Helliwell at al. [42] вычисляют рейтинги стран мира по уровню счастья, и вновь группа стран-лидеров идентична.

Также есть основание считать, что отсутствие нормальности распределения весовых коэффициентов не повлияет на результат. Можно отказаться от проверки вида распределения и при имитационном моделировании использовать лишь эмпирическую ковариационную матрицу. Мера (не)влияния вида распределения весовых коэффициентов на результаты ранжирования будет исследована в следующих работах.

Еще одним направлением развития может быть существенное увеличение информационной базы. Априорный набор настоящего исследования, удовлетворяющий требованиям о полноте, достоверности и доступности, сформирован более 10 лет назад. Он отлично подходит для проверки поставленных гипотез, однако с тех пор количество достоверных доступных данных, а также методов их обработки существенно увеличилось.

Говоря про ограничения, следует упомянуть о вычислительной сложности алгоритма. Так, при тысячекратном моделировании экспертных весов и вычислении взвешенной главной компо-

ненты для массива из 10 переменных по 103 наблюдениям на бытовом компьютере (Core i7 8 Mb X64) требуется около минуты вычислительного времени. Увеличение количества переменных повлечет квадратичное увеличение затрачиваемого времени, что на больших массивах данных потребует привлечение специальных вычислительных машин.

9. Заключение

Имитационное моделирование экспертных весов, осуществленное по эмпирическим экспертным данным, позволило положительно ответить на вопрос о робастности метода построения интегрального индикатора качества жизни населения, основанного на вычислении взвешенной главной компоненты.

Гипотеза о несущественности влияния субъективности экспертных оценок на значения интегрального индикатора подтверждена в полной мере.

Эмпирически оценена степень неоднородности экспертных оценок, а также измерено их влияние на итоговый результат. Показано, что вне зависимости от выбора экспертных весов группа стран-лидеров остается неизменной, допуская лишь незначительные перестановки. Они происходят немного чаще для центральной половины стран, однако даже экстремальные отклонения экспертных весов не приводят к их перемещению в лидеры или аутсайдеры.

Таким образом, можно утверждать, что цель настоящей работы — проверка применимости взвешенной главной компоненты при построении интегрального индикатора качества жизни населения — достигнута.

Практическая значимость исследования состоит в возможности устойчивого межстранового ранжирования по доступной открытой методологии, основанной на развитии идеи построения интегрального индикатора как ли-

нейной свертки с динамическими коэффициентами. При этом удается обойти ограничения применения первой главной компоненты, связанные с учетом малозначимых факторов, что дает возможность получения дополнительной независимой оценки уровня и динамики качества жизни.

Также следует отметить использованную в настоящей работе форму представления итоговых результатов. Как правило, при исследовании качества жизни населения результат являет-

ся детерминированным — как значение индекса в 10-балльной шкале или как ранжированный список. Представление результатов в виде интервальной оценки или в стохастическом виде не является типичным, однако оказывается вполне содержательным и наглядным, что говорит о существенной теоретической значимости работы. Отметим, что известные авторам детерминированные оценки известных рейтингов укладываются в приведенные доверительные интервалы.

Список использованных источников

1. Айвазян С. А. Анализ качества и образа жизни населения (эконометрический подход). М: Наука, 2012. 432 с. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26766525>
2. Айвазян С. А., Исакин М. А. Интегральные индикаторы качества жизни населения региона как критерии эффективности социально-экономической политики, проводимой органами региональной власти // Прикладная эконометрика. 2006. Т. 1, № 1. С. 25–31. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=9510321>
3. Айвазян С. А., Степанов В. С., Козлова М. И. Измерение синтетических категорий качества жизни населения региона и выявление ключевых направлений совершенствования социально-экономической политики (на примере Самарской области и ее муниципальных образований) // Прикладная эконометрика. 2006. Т. 2, № 2. С. 18–84. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=9482361>
4. Макаров В. Л., Айвазян С. А., Афанасьев М. Ю., Бахтизин А. Р., Нанавян А. М. Оценка эффективности регионов РФ с учетом интеллектуального капитала, характеристик готовности к инновациям, уровня благосостояния и качества жизни населения // Экономика региона. 2014. № 4. С. 9–30. <https://doi.org/10.17059/2014-4-1>
5. Айвазян С. А., Афанасьев М. Ю., Кудров А. В. Индикаторы основных направлений социально-экономического развития и их агрегаты в пространстве характеристик региональной дифференциации // Прикладная эконометрика. 2019. Т. 54. С. 51–69. <https://doi.org/10.24411/1993-7601-2019-10003>
6. Kurbatskii A., Mironenkov A. Estimating the Quality of Life Using Weighted Principal Components Method // Montenegrin Journal of Economics. 2023. Vol. 19, No. 1. Pp. 7–17. <https://doi.org/10.14254/1800-5845/2023.19-1.1>
7. Волкова М. И. Сравнение объективистского и субъективистского подходов к измерению синтетических латентных категорий качества жизни населения: результаты эмпирического анализа российских данных // Прикладная эконометрика. 2010. Т. 19, № 3. С. 62–90. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=15139171>
8. Шаклеина М. В., Волкова М. И., Шаклеин К. И., Якиро С. Р. Теоретические и методологические проблемы измерения социальной комфортности: результаты эмпирического анализа на российских данных // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2020. Т. 13, № 5. С. 135–152. <https://doi.org/10.15838/esc.2020.5.71.8>
9. Лецайкина М. В. Межстрановой эконометрический анализ социальной комфортности проживания населения // Прикладная эконометрика. 2014. Т. 36, № 4. С. 102–117. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22782724>

10. Волкова М. О методологических основах анализа качества жизни. Исторический аспект // Общество и экономика. 2018. № 10. С. 89–100. <https://doi.org/10.31857/S020736760002281-8>
11. Мironenkov A. A. Иерархическая Парето-классификация регионов России по показателям качества жизни населения // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2020. Т. 13, № 2. С. 171–185. <https://doi.org/10.15838/esc.2020.2.68.11>
12. Айвазян С. А., Афанасьев М. Ю., Кудров А. В. Интегральный индикатор качества условий жизни // Цифровая экономика. 2019. № 1 (5). С. 43–56. <https://doi.org/10.34706/DE-2019-01-05>
13. Айвазян С. А., Афанасьев М. Ю., Кудров А. В. Метод кластеризации регионов РФ с учетом отраслевой структуры ВВП // Прикладная эконометрика. 2016. Т. 41, № 1. С. 24–46. URL: <https://www.hse.ru/mirror/pubs/share/421012695.pdf>
14. Blomquist G. C., Berger M. C., Hoehn J. P. New estimates of quality of life in urban areas // The American Economic Review. 1988. Vol. 78, No. 1. Pp. 89–107. URL: <https://www.jstor.org/stable/pdf/1814700>
15. Беляева Л. А. Качество жизни в субъективных оценках населения: Россия в европейском контексте // Вестник РУДН. Серия: Социология. 2018. Т. 18, № 4. С. 680–694. <https://doi.org/10.22363/2313-2272-2018-18-4-680-694>
16. Жгун Т. В. Построение интегральной характеристики качества жизни субъектов Российской Федерации с помощью метода главных компонент // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2017. Т. 10, № 2. С. 214–235. <https://doi.org/10.15838/esc/2017.2.50.12>
17. Fantazzini D., Shakleina M., Yuras N. Big Data for computing social well-being indices of the Russian population // Applied Econometrics. 2018. Vol. 50. Pp. 43–66. URL: <https://ssrn.com/abstract=3215502>
18. Greco S., Ishizaka A., Tasiou M., Torrisi G. On the Methodological Framework of Composite Indices: A Review of the Issues of Weighting, Aggregation, and Robustness // Social Indicators Research. 2019. Vol. 141. Pp. 61–94. <https://doi.org/10.1007/s11205-017-1832-9>
19. Волкова М. И. Анализ факторов качества жизни населения России и Европы в рамках метода обобщенных главных компонент // Экономика и математические методы. 2019. Т. 55, № 3. С. 34–46. <https://doi.org/10.31857/S042473880004678-4>
20. Slotje D. J. Measuring the quality of life across countries // The Review of Economics and Statistics. 1991. Vol. 73, No. 4. Pp. 684–693. <https://doi.org/10.2307/2109407>
21. Mazziotta M., Pareto A. Use and Misuse of PCA for Measuring Well-Being // Social Indicators Research. 2019. Vol. 142. Pp. 451–476. <https://doi.org/10.1007/s11205-018-1933-0>
22. Родченков М. В. Оценка удовлетворенности инвестиционного сообщества России качеством финансовой отчетности по международным стандартам // Journal of Applied Economic Research. 2023. Vol. 22, No. 1. С. 165–189. <https://doi.org/10.15826/vestnik.2023.22.1.008>
23. Литвинцева Г. П., Шмаков А. В., Стукаленко Е. А., Петров С. П. Оценка цифровой составляющей качества жизни населения в регионах Российской Федерации // Terra Economicus. 2019. Т. 17, № 3. С. 107–127. <https://doi.org/10.23683/2073-6606-2019-17-3-107-127>
24. Налоговая политика Российской Федерации в контексте целей устойчивого развития / под ред. И. А. Майбурова. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2023. 359 с. URL: https://taxsymposium.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=496:nalogovaya-politika-rossijskoj-federatsii-v-kontekste-tselej-ustojchivogo-razvitiya&catid=91&Itemid=939&lang=ru
25. Lloyd C. D. Analysing population characteristics using geographically weighted principal components analysis: A case study of Northern Ireland in 2001 // Computers, Environment and Urban Systems. 2010. Vol. 34, Issue 5. Pp. 389–399. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurb-sys.2010.02.005>
26. Harris P., Brunson C., Charlton M. Geographically weighted principal components analysis // International Journal of Geographical Information Science. 2011. Vol. 25, Issue 10. Pp. 1717–1736. <https://doi.org/10.1080/13658816.2011.554838>

27. Wu Ch., Peng N., Ma X., Li Sh., Rao J. Assessing multiscale visual appearance characteristics of neighborhoods using geographically weighted principal component analysis in Shenzhen, China // *Computers, Environment and Urban Systems*. 2020. Vol. 84. 101547. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2020.101547>
28. Tomao A., Mattioli W., Fanfani D., Ferrara C., Quaranta G., Salvia R., Salvati L. Economic Downturns and Land-Use Change: A Spatial Analysis of Urban Transformations in Rome (Italy) Using a Geographically Weighted Principal Component Analysis // *Sustainability*. 2021. Vol. 13, Issue 20. 11293. <https://doi.org/10.3390/su132011293>
29. Fan Z., Liu E., Xu B. Weighted Principal Component Analysis // *Artificial Intelligence and Computational Intelligence. Second International Conference, AICIS 2011, Taiyuan, China, September 24–25, 2011, Proceedings, Part I.* / Edited by H. Deng, D. Miao, J. Lei, F. L. Wang. Springer, Berlin, Heidelberg, 2011. Pp. 569–574. https://doi.org/10.1007/978-3-642-23896-3_70
30. Delchambre L. Weighted principal component analysis: a weighted covariance eigen-decomposition approach // *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*. 2015. Vol. 446, Issue 4. Pp. 3545–3555. <https://doi.org/10.1093/mnras/stu2219>
31. Tsalmantza P., Hogg D. W. A data-driven model for spectra: Finding double redshifts in the sloan digital sky survey // *The Astrophysical Journal*. 2012. Vol. 753, No. 2. 122. <https://doi.org/10.1088/0004-637X/753/2/122>
32. Swallow B., Xiang W., Panovska-Griffiths J. Tracking thenational and regional COVID-19 epidemic status in the UK using weighted principal component analysis // *Philosophical Transactions A*. 2022. Vol. 380, Issue 2233, 20210302. <https://doi.org/10.1098/rsta.2021.0302>
33. Sood A. K., Chaturvedi V., Datta S., Mahapatra S. S. Optimization of process parameters in fused deposition modeling using weighted principal component analysis // *Journal of Advanced Manufacturing Systems*. 2011. Vol. 10, No. 2. Pp. 241–259. <https://doi.org/10.1142/S0219686711002181>
34. Qi L., Dou W., Chen J. Weighted principal component analysis-based service selection method for multimedia services in cloud // *Computing*. 2016. Vol. 98. Pp. 195–214. <https://doi.org/10.1007/s00607-014-0413-x>
35. Burnaev E. V., Chernova S. S. On an iterative algorithm for calculating weighted principal components // *Journal of Communications Technology and Electronics*. 2015. Vol. 60. Pp. 619–624. <https://doi.org/10.1134/S1064226915060042>
36. De Mol C., Giannone D., Reichlin L. Forecasting using a large number of predictors: Is Bayesian shrinkage a valid alternative to principal components? // *Journal of Econometrics*. 2008. Vol. 146, Issue 2. Pp. 318–328. <https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2008.08.011>
37. Audigier V., Husson F., Josse J. Multiple imputation for continuous variables using a Bayesian principal component analysis // *Journal of Statistical Computation and Simulation*. 2016. Vol. 86, Issue 11. Pp. 2140–2156. <https://doi.org/10.1080/00949655.2015.1104683>
38. Jolliffe I. T. *Principal Component Analysis*. Second Edition. New York: Springer, 2002. 488 p. <https://doi.org/10.1007/b98835>
39. Мироненков А. А. Интервальные оценки показателей интегрального индикатора качества жизни населения в зависимости от выбора весов взвешенной главной компоненты // *Применение многомерного статистического анализа в экономике и оценке качества : труды XII Международной научной конференции им. С. А. Айвазяна. М. : ВШЭ, 2022. С. 96–98.* <https://doi.org/10.17323/978-5-7598-2716-0>
40. Полтерович В. М. Конкуренция, сотрудничество и удовлетворенность жизнью. Ч. 1. Семерка европейских лидеров // *Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз*. 2022. Т. 15, № 2. С. 31–43. <https://doi.org/10.15838/esc.2022.2.80.2>
41. Helliwell J. F., Layard R., Sachs J., De Neve J.-E., Akinin L. B., Wang S. *World Happiness Report 2021*. New York: Sustainable Development Solutions Network, 2021. 210 p. URL: https://www.wellbeingintlstudiesrepository.org/hw_happiness/5/

42. Helliwell J. F., Huang H., Wang S., Norton M. Statistical Appendix 1 for Chapter 2 of World Happiness Report 2021. 51 p. URL: <https://happiness-report.s3.amazonaws.com/2021/Appendix1WHR2021C2.pdf>

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Мироненков Алексей Алексеевич

Старший преподаватель кафедры эконометрики и математических методов экономики Московской школы экономики Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова, г. Москва, Россия (119234, г. Москва, Ленинские горы, 1, строение 61); ORCID <https://orcid.org/0000-0001-5754-8825> e-mail: mironenkov@mse.msu.ru

Курбацкий Алексей Николаевич

Кандидат физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой эконометрики и математических методов экономики Московской школы экономики Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова, г. Москва, Россия (119234, г. Москва, Ленинские горы, 1, строение 61); ORCID <https://orcid.org/0000-0001-6478-8034> e-mail: kurbatskii@my.msu.ru

Мироненкова Марина Владимировна

Старший преподаватель кафедры эконометрики и математических методов экономики Московской школы экономики Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова, г. Москва, Россия (119234, г. Москва, Ленинские горы, 1, строение 61); ORCID <https://orcid.org/0009-0002-5297-0642> e-mail: mironenkovamv@my.msu.ru

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект № 20–68–47030.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ

Мироненков А. А., Курбацкий А. Н., Мироненкова М. В. Измерение качества жизни населения при стохастическом выборе весов взвешенной главной компоненты // Journal of Applied Economic Research. 2024. Т. 23, № 1. С. 82–109. <https://doi.org/10.15826/vestnik.2024.23.1.004>

ИНФОРМАЦИЯ О СТАТЬЕ

Дата поступления 5 октября 2023 г.; дата поступления после рецензирования 24 ноября 2023 г.; дата принятия к печати 6 декабря 2023 г.

The Quality-of-Life Measurement with a Stochastic Choice of Parameters of the Weighted Principal Component

Alexey A. Mironenkov  , Alexey N. Kurbatskii , Marina V. Mironenkova 

Lomonosov Moscow State University

Moscow, Russia

 mironenkov@mse.msu.ru

Abstract. The quality of life of the population is a latent category, and due to the impossibility of direct measurement it has to be assessed as an integral indicator of many variables. According to the established methodology, one of the main tools in this case is the first principal component, that is, a linear convolution of variables, which has the property of minimizing the variation of the original characteristics. The fact that parameters' variation is taken into account with equal weight may cause criticism from economists. The use of a weighted principal component which is free of this drawback can be considered as a development of the initial method. In this case to minimize the total variation, the weighting coefficients of features are set expertly. However, in this case, a logical question arises: won't expert subjectivity have a significant impact on the final integral indicator, as it happens in the case of simple linear convolution with expert weights? Thus, the purpose of this work is to test the applicability of the weighted first principal component as the main tool in constructing an integral indicator of the population quality of life. In particular, it is necessary to test the hypothesis that the influence of heterogeneity in the weights of expert assessments on the final integral indicator is insignificant. In this case, it would be useful not only to illustrate the presence or absence of this influence, but also to estimate its extent. To do this, the simulation modeling is carried out to assess the latent variable "quality of life of the population", based on empirical expert weights and macro statistics data. Moreover, in contrast to most works related to the topic, the values of the integral indicator (and, accordingly, the ranking of observations) are presented as an interval estimate. In other words, the result is presented as a random variable where the element of randomness is the subjectivity of the expert choice of weights for the weighted principal component. It turns out that even in this case it is possible to obtain robust and meaningful results that are in good agreement with the conclusions of well-known research in this area.

Key words: integral indicator; the quality of life; weighted first principal component; stochastic selection; simulation modeling; expert weights.

JEL C12, C55, C63, O57, R11

References

1. Ayvazyan, S.A. (2012). *Quality of Life and Living Standards Analysis (Econometric Approach)*. Moscow, Nauka, 432 p. (In Russ.). Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26766525>
2. Ayvazyan, S.A., Isakin, M.A. (2006). Integral indicators of the quality of life of the population of the region as criteria for the effectiveness of socio-economic policy pursued by regional authorities. *Applied Econometrics*, Vol. 1, No. 1, 25–31. (In Russ.). Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=9510321>
3. Ayvazyan, S.A., Stepanov, V.S., Kozlova, M.I. (2006). Measuring synthetic categories of the quality of life of the population of the region and identifying key areas for improving socio-economic policy (using the example of the Samara region and its municipalities). *Applied*

Econometrics, Vol. 2, No. 2, 18–84. (In Russ.). Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=9482361>

4. Makarov, V.L., Ayvazyan, S.A., Afanasyev, M.Yu., Bakhtizin, A.R., Nanavyan, A.M. (2014). Assessing the effectiveness of Russian regions taking into account intellectual capital, characteristics of readiness for innovation, level of well-being and quality of life of the population. *Economy of Regions*, No. 4, 9–30. (In Russ.). <https://doi.org/10.17059/20144-1>

5. Ayvazyan, S.A., Afanasyev, M.Yu., Kudrov, A.V. (2019). Indicators of the main directions of socio-economic development and their aggregates in the space of characteristics of regional differentiation. *Applied Econometrics*, Vol. 54, 51–69. (In Russ.). <https://doi.org/10.24411/1993-7601-2019-10003>

6. Kurbatskii, A., Mironenkov, A. (2023), Estimating the Quality of Life Using Weighted Principal Components Method. *Montenegrin Journal of Economics*, Vol. 19, No. 1, 7–17. <https://doi.org/10.14254/1800-5845/2023.19-1.1>

7. Volkova, M.I. (2010). Comparison of objectivist and subjectivist approaches to measuring synthetic latent categories of quality of life of the population: results of an empirical analysis of Russian data. *Applied Econometrics*, Vol. 19, No. 3, 62–90. (In Russ.). Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=15139171>

8. Shakleina, M.V., Volkova, M.I., Shaklein, K.I., Yakiro, S.R. (2020). Theoretical and methodological problems of measuring social comfort: results of empirical analysis based on Russian data. *Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast*, Vol. 13, No. 5, 135–152. (In Russ.). <https://doi.org/10.15838/esc.2020.5.71.8>

9. Leshchaikina, M.V. (2014). Cross-country econometric analysis of the social comfort of living of the population. *Applied Econometrics*, Vol. 36, No. 4, 102–117. (In Russ.). Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22782724>

10. Volkova, M. (2018). On the methodological foundations of quality of life analysis. The historical aspect. *Society and Economics*, No. 10, 89–100. (In Russ.). <https://doi.org/10.31857/S020736760002281-8>

11. Mironenkov, A.A. (2020). Hierarchical Pareto classification of Russian regions according to indicators of the quality of life of the population. *Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast*, Vol. 13, No. 2, 171–185. (In Russ.). <https://doi.org/10.15838/esc.2020.2.68.11>

12. Ayvazyan, S.A., Afanasyev, M.Yu., Kudrov, A.V. (2019). Integral indicator of the quality of living conditions. *Digital Economy*, No. 1, 43–56. (In Russ.). <https://doi.org/10.34706/DE-2019-01-05>

13. Ayvazyan, S.A., Afanasyev, M.Yu., Kudrov, A.V. (2016). A method for clustering regions of the Russian Federation taking into account the sectoral structure of GRP. *Applied Econometrics*, Vol. 41, No. 1, 24–46. (In Russ.). Available at: <https://www.hse.ru/mirror/pubs/share/421012695.pdf>

14. Blomquist, G.C., Berger, M.C., Hoehn, J.P. (1988). New estimates of quality of life in urban areas. *The American Economic Review*, Vol. 78, No. 1, 89–107. Available at: <https://www.jstor.org/stable/pdf/1814700>

15. Belyaeva, L.A. (2018). Quality of life in subjective assessments of the population: Russia in the European context. *RUDN Journal of Sociology*, Vol. 18, No. 4, 680–694. (In Russ.). <https://doi.org/10.22363/2313-2272-2018-18-4-680-694>

16. Zhgun, T.V. (2017). Construction of an integral characteristic of the quality of life of the constituent entities of the Russian Federation using the principal component method. *Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast*, Vol. 10, No. 2, 214–235. (In Russ.). <https://doi.org/10.15838/esc/2017.2.50.12>

17. Fantazzini D., Shakleina M., Yuras N. (2018). Big Data for computing social well-being indicators of the Russian population. *Applied Econometrics*, Vol. 50, 43–66. Available at: <https://ssrn.com/abstract=3215502>

18. Greco, S., Ishizaka, A., Tasiou, M., Torrisi, G. (2019). On the Methodological Framework of Composite Indices: A Review of the Issues of Weighting, Aggregation, and Robustness. *Social Indicators Research*, Vol. 141, 61–94. <https://doi.org/10.1007/s11205-017-1832-9>

19. Volkova, M.I. (2019). Analysis of factors in the quality of life of the population of Russia and Europe within the framework of the generalized principal components method. *Economics and Mathematical Methods*, Vol. 55, No. 3, 34–46. (In Russ.). <https://doi.org/10.31857/S042473880004678-4>
20. Slottje, D.J. (1991). Measuring the quality of life across countries. *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 74, No. 3, 684–693. <https://doi.org/10.2307/2109407>
21. Mazziotta, M., Pareto, A. (2019). Use and Misuse of PCA for Measuring Well-Being. *Social Indicators Research*, Vol. 142, 451–476. <https://doi.org/10.1007/s11205-018-1933-0>
22. Rodchenkov, M.V. (2023). Assessing the satisfaction of the Russian investment community with the quality of financial reporting according to international standards. *Journal of Applied Economic Research*, Vol. 22, No. 1. 165–189. (In Russ.). <https://doi.org/10.15826/vestnik.2023.22.1.008>
23. Litvintseva, G.P., Shmakov, A.V., Stukalenko, E.A., Petrov, S.P. (2019). Assessment of the digital component of the quality of life of the population in the regions of the Russian Federation. *Terra Economicus*, 17, No. 3, 107–127. (In Russ.). <https://doi.org/10.23683/2073-6606-2019-17-3-107-127>
24. *Tax policy of the Russian Federation in the context of sustainable development goals*. Edited by I. A. Mayburov (2023). Moscow, UNITY-DANA, 359 p. (In Russ.). Available at: https://taxsymposium.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=496:nalogovaya-politika-rossijskoj-federatsii-v-kontekste-tselej-ustojchivogo-razvitiya&catid=91&Itemid=939&lang=ru
25. Lloyd, C.D., (2010). Analyzing population characteristics using geographically weighted principal components analysis: A case study of Northern Ireland in 2001. *Computers, Environment and Urban Systems*, Vol. 34, Issue 5, 389–399. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2010.02.005>
26. Harris, P., Brunson, C., Charlton, M. (2011) Geographically weighted principal components analysis. *International Journal of Geographical Information Science*, Vol. 25, Issue 10, 1717–1736, <https://doi.org/10.1080/13658816.2011.554838>
27. Wu, Ch., Peng, N., Ma, X., Li, Sh., Rao, J. (2020). Assessing multiscale visual appearance characteristics of neighborhoods using geographically weighted principal component analysis in Shenzhen, China. *Computers, Environment and Urban Systems*, Vol. 84, 101547. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2020.101547>
28. Tomao, A, Mattioli, W, Fanfani, D, Ferrara, C, Quaranta, G, Salvia, R, Salvati, L. (2021). Economic Downturns and Land-Use Change: A Spatial Analysis of Urban Transformations in Rome (Italy) Using a Geographically Weighted Principal Component Analysis. *Sustainability*, Vol. 13, Issue 20, 11293. <https://doi.org/10.3390/su132011293>
29. Fan, Z., Liu, E., Xu, B. (2011). Weighted Principal Component Analysis. In: *Artificial Intelligence and Computational Intelligence. Second International Conference, AICIS 2011, Taiyuan, China, September 24–25, 2011, Proceedings, Part I*. Edited by H. Deng, D. Miao, J. Lei, F. L. Wang. Springer, Berlin, Heidelberg, 569–574. https://doi.org/10.1007/978-3-642-23896-3_70
30. Delchambre, L. (2015). Weighted principal component analysis: a weighted covariance eigendecomposition approach. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Vol. 446, Issue 4, 3545–3555. <https://doi.org/10.1093/mnras/stu2219>
31. Tsalmantza, P., Hogg, D. W. (2012). A data-driven model for spectra: Finding double redshifts in the sloan digital sky survey. *The Astrophysics Journal*, Vol. 753, No. 2, 122. <https://doi.org/10.1088/0004-637X/753/2/122>
32. Swallow, B, Xiang, W, Panovska-Griffiths, J. (2022). Tracking the national and regional COVID-19 epidemic status in the UK using weighted principal component analysis. *Philosophical Transactions A.*, Vol. 380, Issue 2233, 20210302. <https://doi.org/10.1098/rsta.2021.0302>
33. Sood, A.K., Chaturvedi, V., Datta, S., Mahapatra, S.S. (2011). Optimization of process parameters in fused deposition modeling using weighted principal component analysis. *Journal of Advanced Manufacturing Systems*, Vol. 10, No. 2, 241–259. <https://doi.org/10.1142/S0219686711002181>

34. Qi, L., Dou, W., Chen, J. (2016). Weighted principal component analysis-based service selection method for multimedia services in cloud. *Computing*, Vol. 98, 195–214. <https://doi.org/10.1007/s00607-014-0413-x>
35. Burnaev, E.V., Chernova, S.S. (2015). On an iterative algorithm for calculating weighted principal components. *Journal of Communications Technology and Electronics*, Vol. 60, 619–624. <https://doi.org/10.1134/S1064226915060042>
36. De Mol, C., Giannone, D., Reichlin, L. (2008). Forecasting using a large number of predictors: Is Bayesian shrinkage a valid alternative to principal components? *Journal of Econometrics*, Vol. 146, Issue 2, 318–328. <https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2008.08.011>
37. Audigier, V., Husson, F., Josse, J. (2016). Multiple imputation for continuous variables using a Bayesian principal component analysis. *Journal of Statistical Computation and Simulation*, Vol. 86, Issue 11, 2140–2156. <https://doi.org/10.1080/00949655.2015.1104683>
38. Jolliffe, I.T. (2002). *Principal Component Analysis*. Second Edition. New York, Springer, 488 p. <https://doi.org/10.1007/b98835>
39. Mironenkov, A.A. (2022). Interval estimates of indicators of the integral indicator of the quality of life of the population depending on the choice of weights of the weighted principal component. *Application of Multidimensional Statistical Analysis in Economics and Quality Assessment. Proceedings of XII International Scientific Conference named after. S. A. Ayvazyan*. Moscow, National Research University Higher School of Economics, 96–98. (In Russ.). <https://doi.org/10.17323/978-5-7598-2716-0>
40. Polterovich, V.M. (2022). Competition, cooperation and life satisfaction. Part 1. Seven European leaders. *Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast*, Vol. 15, No. 2, 31–43. (In Russ.). <https://doi.org/10.15838/esc.2022.2.80.2>
41. Helliwell, J.F., Layard, R., Sachs, J., De Neve, J.-E., Aknin, L.B., Wang, S. (2021). *World Happiness Report 2021*. New York, Sustainable Development Solutions Network, 210 p. Available at: https://www.wellbeingintlstudiesrepository.org/hw_happiness/5/
42. Helliwell, J.F., Huang H., Wang, S., Norton, M. (2021). Statistical Appendix 1 for Chapter 2 of World Happiness Report 2021, 51 p. Available at: <https://happiness-report.s3.amazonaws.com/2021/Appendix1WHR2021C2.pdf>

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Alexey Alekseevich Mironenkov

Senior Lecturer, Department of Econometrics and Mathematical Methods in Economy, Moscow School of Economics, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia (119234, Moscow, Leninskie Gory, 1, Building, 61); ORCID <https://orcid.org/0000-0001-5754-8825> e-mail: mironenkov@mse.msu.ru

Aleksei Nikolaevich Kurbatskii

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Econometrics and Mathematical Methods in Economy, Moscow School of Economics, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia (119234, Moscow, Leninskie Gory, 1, Building, 61); ORCID <https://orcid.org/0000-0001-6478-8034> e-mail: kurbatskii@my.msu.ru

Marina Vladimirovna Mironenkova

Senior Lecturer, Department of Econometrics and Mathematical Methods in Economy, Moscow School of Economics, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia (119234, Moscow, Leninskie Gory, 1, Building, 61); ORCID <https://orcid.org/0009-0002-5297-0642> e-mail: mironenkovamv@my.msu.ru

ACKNOWLEDGMENTS

The Research is funding from the Russian Science Foundation, project No. 20–68–47030.

FOR CITATION

Mironenkov, A.A., Kurbatskii, A.N., Mironenkova, M.V. (2024). The Quality-of-Life Measurement with a Stochastic Choice of Parameters of the Weighted Principal Component. *Journal of Applied Economic Research*, Vol. 23, No. 1, 82–109. <https://doi.org/10.15826/vestnik.2024.23.1.004>

ARTICLE INFO

Received October 5, 2023; Revised November 24, 2023; Accepted December 6, 2023.



Dynamic Connectedness between Crypto and Conventional Financial Assets: Novel Findings from Russian Financial Market

Mirzat Ullah  

Ural Federal University

*named after the First President of Russia B. N. Yeltsin,
Yekaterinburg, Russia*

 mirzat.ullakh@urfu.ru

Abstract. In the dynamic landscape of the Russian digital economy and increasing financial openness, crypto assets have emerged as influential players in the financial market. The geopolitical and economic developments after a conflict with Ukraine have presented formidable challenges in the shape of financial and trade sanctions, coupled with the suspension from the SWIFT banking system, has plunged the Russian economy into a precarious situation. The current study delves into the network spillover effects between a prominent crypto asset and various financial assets including equity, exchange rates, crude oil, gold, and commodity futures using daily data from January 01, 2018, to August 31, 2023. The purpose of the study is to provide empirical and theoretical insights into countering the impact of sanctions on Russia, proposing a pragmatic solution for the Russian financial market. The research methodology involves the application of network spillover estimation and value-at-risk analysis. Notably, the findings expose a robust association between crypto and financial assets, where crypto assets play a pivotal role in transmitting risk within the financial landscape. While their impact on other financial assets remains relatively subdued, short-term correlations exhibit volatile fluctuations, often marked by sharp increases in downside risk. Theoretical implications follow the portfolio theory of asset pricing, with extreme risk spillover originating from long-run fluctuations in the crypto market, impacting market sentiment and elevating risk propagation in the Russian financial market. These results carry practical significance for payment and receipt processes, as well as trading activities with foreign countries, presenting essential insights for policymakers and investment decision-makers.

Key words: crypto assets; financial assets; Russian financial market; network spillover analysis.

JEL C31, G11, G12

1. Introduction

The Russian financial market faces a barrage of international economic and trade sanctions, originating from various countries and international bodies. These sanctions encompass various restrictive actions, including travel bans, asset freezes, and trade limitations. They target individuals, entities, and critical sectors like defense and energy, resulting in significant repercussions for Russia's economic land-

scape. The consequences are evident in the shape of the massive decline in foreign investment and restricted access to global financial markets.

However, Russia has responded with a strategic maneuver with a visionary economic policy of financial openness. In September (2022) the Russian Banking sector and Ministry of Finance agreed on cross-border payments in cryptocurrency. They aim to legitimize cryptocurrencies

for payments, with major financial institutions supporting the use of crypto assets in international trade [1]. Among 14.6 million Russian crypto holders, Ethereum is popular (32 %), followed by Bitcoin (30.8 %). Altcoins like Ripple, Dogecoin, and Solana are owned by about one in five holders, showing growing diversity¹.

This new approach emphasizes trade openness, supported by financial asset mobilization, integration of crypto assets investments, and enticing trade concessions, particularly within financial, energy and technology sectors. This narrative holds profound implications for Russia economy which constrained by sanctions where the crypto assets offer an escape route for international trade and financial transactions.

In line with this financial openness, this study aims to assess asset price volatility and network risk spillover effects of a popular Russian-origin crypto asset on various Russian financial asset classes, including equities, exchange rates, crude oil futures, gold, and commodity futures. This assessment employs novel econometric techniques, focusing on the ongoing crisis between Russia and Ukraine in 2022.

As Russia's digital economy becomes increasingly integrated with various sectors, digital currency has become essential for ensuring efficient circulation and robust payment systems. In the global landscape of crypto assets numbers of digital currencies exist with total market capitalization exceeding \$1.3 trillion.

Russia is positioning itself as a major player in the field cryptography, crypto mining and blockchain mining. Russia envisions a future where digital currency plays a pivotal role in driving economic growth and dynamism.

In addition, to compete the impact of economic and trade sanctions [2, 3] the new financial openness policy initiative

further strengthened the imminent launch of Digital Rubles and remove bans on investments in popular Russian-based crypto assets like Ethereum (ETH).

As crypto transactions rise, nations consider banning crypto investments for financial stability [4]. Russia, despite recognizing digital currencies, forbids using them for payments. Some suggest regulated crypto exchanges for taxes and compliance. Russia plans a CBDC ruble and enforces strict rules on private crypto amidst sanctions. The goal is to facilitate seamless trade with partner nations and mitigate the potential impact of sanctions.

The literature gap and the problem which is faced to the existing economic condition where the previous studies have established correlations between crypto assets and various financial assets, primarily using Bitcoin as a representative of the crypto asset class only in normal economic condition.

However, there is a notable absence of specific research in the Russian financial market context that considers Russian-based crypto assets like Ethereum (ETH) in conjunction with equities, exchange rates, crude oil futures, gold, and commodity futures, especially during both normal, crisis and high market uncertainty and at the time of high geopolitical. The recent crisis of COVID-19 and Russia and Ukraine conflict (2022) has had a significant impact on Russia's financial market [1, 5]. Furthermore, the new financial openness policy (2022) has brought a hope to the financial market where the policy carries both short-term and long-term implications that encourages investment in crypto assets and strengthens their connection with other financial assets.

The purpose of the study is to provide empirical and theoretical insights into countering the impact of sanctions on Russia, proposing a pragmatic solution for the Russian financial market.

¹ <https://bitcoinist.com/russia-approves-bitcoin-for-cross-border-payments/>

Firstly, it examines both symmetric and asymmetric volatility spillover between Ethereum (ETH) and other various conventional financial assets from Moscow stock exchange (MOEX) such as equity, exchange rate, crude oil futures, gold, and commodity futures.

Secondly, the study explores the correlations among these underlying assets within the framework of the financial openness policy introduced in 2022, assessing the overall shifts of risk from crypto assets and other financial assets.

Thirdly, the study evaluates the magnitude of investment spillover from local financial assets to crypto assets during normal and crisis periods.

Lastly, the study examines key driving factors impacting crypto asset prices and their effects on local financial assets using Diebold and Yilmaz's risk spillover network and value-at-risk (VaR) analysis to measure portfolio investment's upside and downside risk.

This study provides the first quantitative analysis of the risk spillover of Ethereum (ETH) onto local financial assets, particularly during extreme risk scenarios. Additionally, it identifies the factors influencing the risk in the Russian financial market within the dynamic of crypto assets and other financial assets.

Based on the empirical analysis the study provides unique insights in the context of financial openness during crisis periods. The study observed investments shifts from traditional financial assets to crypto assets after proposing the new financial policy. Russia persists, navigating this evolving landscape through calculated after government interventions in the landscape of crypto assets the surge in cryptocurrency adoption has increased where 12.06 million Russians (9.05 % of the total population) now possess digital assets including the major share of Ethereum, which underscores the public embrace of new financial openness [6].

The public's acceptance of this policy acts as a shield against economic sanctions. The removal of the Russian banking system from SWIFT network has elevated the financial market risk in transformation of payments where the crypto assets are now used for cross-border transactions and attract foreign investments. Empirical evidence supports the significant increase in investment and its correlation with other assets in the Russian financial market [7–9].

The Society for Worldwide Interbank Financial Telecommunication (Swift), the global banking communication network, enables secure international money transfers among thousands of banks in 200+ countries. It became a tool in the Russia-Ukraine conflict as potential sanctions targeted Russia's Swift access. In response, Russia introduced SPFS, akin to Swift, but limited to certain trading partners like China, India, and neighboring nations.

These findings can assist fund managers and investors in formulating effective risk management strategies, optimizing financial investment portfolios, and encouraging the development of the Russian financial sector.

Our motivation for this study stems from recent policy changes in financial modernization where this study holds significant policy implications given Russia's status as a major producer of energy, minerals, commodities, and technology, understanding how policy changes affect correlation among the crypto and other financial assets. The study also provides practical policy insights for Russia's global trade partners, stock investors, and fund managers. Furthermore, the study enhances market risk monitoring by offering guidelines to mitigate financial market volatility through network spillover and VaR estimations.

This study is relevant in context of the rapidly evolving Russian digital economy and financial openness, crypto assets have gained significant influence in the finan-

cial market. In preview of the current geopolitical and economic developments, such as the conflict between Russia and a neighboring country that started in 2022, several challenges have arisen for Russia's growing economy [1].

With the Russian economy facing financial and trade sanctions, suspension from the SWIFT banking system for transferring financial funds, all these challenges pose dangerous economic matters that create a challenge for policymakers and market regulators to address this unresolved issue. In this context, this current study explores the network spillover effects between a prominent crypto asset and various financial assets, such as equity, exchange rate, crude oil futures, gold, and commodity futures in the Russian financial market.

The study employs network spillover and value-at-risk analysis by utilizing daily data from January 01, 2018, to August 31, 2023. In particular, the study examines the dynamic connections among the assets under normal and crisis conditions. The time span of the study makes the findings more important by providing a poly dimensional solution to stock market investors, traders, importers, and exporters in foreign countries' payment and receipts.

The hypothesis thesis statement of the study is to dig out the network spillover effects of crypto assets and their correlation with equity, exchange rate, crude oil, gold, and commodity markets in the Russian Financial Market during an economic crisis.

The structure of this study unfolds as the *second* section elucidates the review of literature, proposed hypothesis and *third* section provides the methodological contours such as data, models, and estimations with the framework for risk spillover network construction. While the *fourth* section discusses the empirical outcomes and discussion on the findings, and the *final* section provides the conclusion and policy recommendation.

2. Review of Literature

Crypto assets play a dual role, advancing the digital economy and gaining significance in global capital markets, especially in the post-Russian-Ukraine crisis era and amid the COVID-19 turmoil [25].

Crypto assets stand out in the financial landscape due to their unique qualities. It operates through a decentralized blockchain network, ensuring transaction security while bypassing intermediaries like banks, governments, and agencies [1].

The blockchain guarantees immutability and transparency. Crypto assets' limited supply further enhances its security. Within this complex environment of economic uncertainty and geopolitical risk, the expansion and influence of crypto assets have become profound. The removal of the ban on initial coin offerings and decentralized digital currency trading in Russia has accentuated the direct impact of crypto assets on the nation's economy and financial landscape [10]we implement the time and frequency connectedness time-varying parameter vector autoregression (TVP-VAR.

The growing demand for crypto asset trading has elevated it to a distinct currency category within the Russian financial sphere, countering economic adversities like sanctions. Globally, crypto assets have evolved into a burgeoning asset class, assuming a pivotal role in investment portfolios embraced by a wide range of investors [11, 12].

In the context of global portfolio strategy, a significant portion of crypto asset investment serves as both an innovative safeguard against the volatility of other financial asset valuations and a novel hedge against traditional financial assets such as equity, bonds, metals, and commodities [13].

Crypto assets are known for their high price volatility, presenting opportunities and risks. In this context the current study aimed the hypothesis that there is negative corre-

lation and opposing connection among the crypto assets and equity indices. On this basis the study projected the first hypothesis as:

H1: There is network spillover effects crypto asset and equity in Russian Financial Market during economic Crisis.

This volatility is attributed to their relatively short history, limited adoption, and sensitivity to news events, making them prone to price fluctuations [14, 15]. Crypto assets exhibit various relationships with other financial assets. Research has explored the connection between crypto assets and exchange rate markets, yielding mixed findings.

Bouri et al. [16] suggests a positive correlation, implying that crypto assets may act as risk-on assets, moving in sync with forex market movements. Conversely, Dyhrberg [17] indicate negative correlations suggesting that crypto assets diversify forex portfolios.

In this context the current study aimed the hypothesis that there is negative correlation and opposing connection among the crypto assets and equity indices. On this basis the study projected the hypothesis as:

H2: There is network spillover effects crypto asset and exchange rate in Russian Financial Market during economic Crisis.

The relationship between crypto assets and crude oil future rates yielding mixed results some studies find a positive correlation as both assets are speculative in nature [18].

While other studies find an insignificant relationship, indicating limited linkage between crypto assets and traditional crude oil future rates [19]. Research on the relationship between crypto assets and commodities, gold and crude oil has produced mixed findings. Some studies suggest a positive correlation, implying that crypto assets exhibit safe-haven characteristics during economic uncertainty [20].

However, other research indicates weak relationships highlighting the distinct properties of crypto assets in comparison to crude

oil future rates [21]. In this context the current study aimed the hypothesis that there is correlation and connection among the crypto assets and crude oil futures. On this basis the study projected the hypothesis as:

H3: There is network spillover effects crypto asset and crude oil futures in Russian Financial Market during economic Crisis.

A research gap exists regarding the economic viability of investing in crypto assets in comparisons with investment in gold during economic crises, particularly in the context of the Russian financial market. Some argue that crypto assets serve as hedges against traditional financial assets during economic turmoil due to their decentralized nature and potential independence from central bank policies [22].

In addition, crypto assets are seen as diversification tools for investment portfolios in matching to the gold as other studies [23] consider the gold as safe haven. During economic crises, the correlation between crypto assets and traditional assets are low potentially providing diversification benefits [18]. It is important to note that crypto asset markets experience higher liquidity compared to traditional financial markets during times of crisis. This liquidity can amplify price fluctuations and restrict the ability to buy or sell crypto assets at desired prices [1].

Crypto assets, particularly Ethereum, are well-known for their significant price volatility, attracting traders seeking opportunities but also carrying associated risks [24]. This volatility is a result of their volatility, limited adoption, and sensitivity to news events, leading to rapid price shifts [25]. In this context the current study aimed the hypothesis that there is negative correlation and opposing connection among the crypto assets and gold future. On this basis the study projected the hypothesis as:

H4: There is network spillover effects crypto asset and gold in Russian Financial Market during economic Crisis.

Numerous studies have explored the potential correlation, hedge and diversification properties utilizing various methodologies, researchers have collectively reached a consensus that crypto assets against commodity futures have a somehow connections with conventional assets it may relatively weak. In the estimations and econometric methods include all the analysis approaches to measure the risk and spillover estimation such as regression estimation analyses [26], vector autoregressive models [27], autoregressive distributed lag [28], unconditional connectedness in the time-frequency domain [29], wavelet coherence [30] directed acyclic graph approach [31], multivariate GARCH models [32] and univariate GARCH models [19].

The overall finding suggests significant advantages for diversifying portfolios and managing risks [16]. Another significant study [33] highlights the influence of macro-financial developments affect the crypto assets volatility in short-term pricing dynamics while this influence diminishes significantly over the long term.

Conlon & McGee [34] suggests that economic policy uncertainty mainly determines the volatility of crypto assets in comparison to the commodity futures. They argue that increasing economic policy uncertainties erode investor trust in the global financial system and tradition-

al currencies, enhancing crypto assets attractiveness.

Taera et al. [35] recommend that both policymakers and investors carefully monitor the impact of economic policy uncertainties on crypto assets performance. In this context the current study aimed the hypothesis that there is negative correlation and opposing connection among the crypto assets and equity indices. On this basis the study projected the hypothesis as:

H5: There is network spillover effects crypto asset and commodity futures in Russian Financial Market during economic Crisis.

Investment in crypto assets is purely based upon the preferences of the investor here the modern portfolio theory proposed by Harry Markowitz's in 1952 [36] guides the rationality of investors and introduces the concept of portfolio construction. This study follows the modern portfolio and provides suggestions regarding the allocation of weights to different assets based on their associated risks and returns. In light of this theory, concepts such as hedging, and diversification emerge to manage risks associated with financial assets. Using advanced econometric estimations, this study offers systematic guidance on hedging and diversification among investments in crypto and other financial assets. Figure 1 illustrates the application phases of the theory for portfolio-based investments.

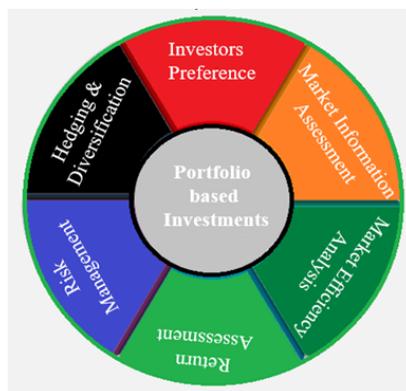


Figure 1. Theoretical Framework of the study

In conclusion, the crypto assets market is highly speculative and subject to regulatory changes, technological risks, and market sentiment. Therefore, this study provides suggestions based on statistical measurements to guide investors and fund managers in considering their risk tolerance and creating portfolios of crypto and financial assets before making investment decisions.

3. Methodology

Unveiling the latent potential of cryptocurrency assets in reshaping payment dynamics to counteract the impact of sanctions on the Russian economy is a critical pursuit. Delving into the intricate web of connections between crypto and traditional assets, employing cutting-edge econometric tools for nuanced analysis, stands as a pivotal endeavor in unraveling the authentic role of cryptocurrencies within the Russian financial framework.

The scrutiny of hedging strategies and risk diversification associated with both crypto and traditional assets promises valuable insights into the intricacies of risk transmission and potential avenues for hedging during periods of sanctions. This holds undeniable significance for investors and policymakers alike, especially in the midst of sanctions.

Numerous empirical models have been meticulously crafted to quantify the interplay of risk and return between these assets. Scholars widely favor the utilization of the GARCH process for volatility forecasting and network spillover estimation.

Hence, the empirical journey in this study embarks on a thorough exploration, commencing with a comprehensive overview of data sources and proceeding to the intricacies of estimation procedures. This includes forecasting through econometric models, simulation using GARCH, and the application of network spillover econometric estimation models.

3.1. Data

The study used daily closing price data gleaned from the esteemed crypto assets repository, Coin Market Cap (<https://coinmarketcap.com>), to underpin the crypto assets facet. In this context, Ethereum (ETH) was judiciously selected as the quintessential representative of the crypto asset's realm, driven by multifaceted rationales such as ETH's status as the second largest crypto assets.

Russian Vitalik Buterin created Ethereum (ETH), a notable crypto allowed for trading in Russia. ETH's blockchain aids transparent cross-border voting. In Russia, 40 % consider ETH and Bitcoin good for long-term investment. ETH is used for lodging, dining, cars, and furniture payments. Brand Analytics found ETH the most popular in Russian crypto in 2021.

The study's focus extends to encompass the MOEX Russia Index, meticulously handpicked to encapsulate the equity market milieu. Exploring the interaction of Bitcoin with the Russian stock market involves analyzing the MOEX Russia Index, which monitors the top 50 Russian companies across various sectors on the Moscow Stock Exchange.

This index, valued at 100 as its base, is capitalization weighted. The study also includes gold, using closing prices of spot-traded gold (GLD), and copper in RUB per gram from the FX and Precious Metals Market, along with the MOEX commodity future Index where we pick up the corn and soybean, and USD to RUB exchange rate. All data is sourced from the MOEX Russia Index for the other financial assets.

In pursuit of an all-encompassing examination, the study deftly integrated gold and copper futures (Ruble per gram) to deconstruct the dynamics within the metals and minerals arena. To holistically probe the energy sector, the study sought insight from the MOEX crude oil futures index.

Diversifying the purview, the study enlisted corn futures and soybean futures to illuminate the repercussions resonating from the commodity market. To empirically decipher the foreign exchange rate landscape (FRX), the USD/Rubles exchange rate emerged as a pivotal compass.

All these sector-specific indices, meticulously chosen, operate as quintessential conduits to epitomize the tapestry of broad financial assets. Deriving data for the designated variables, replete with significance, transpired from the annals of the Moscow stock exchange (MOEX), spanning the temporal swath from January 01, 2018, to August 31, 2023, thereby yielding a robust collection of 1306 observations. The motivation for the selection of this data time frame was to measure the impact of different crises and monitor policy changes on the financial market.

3.2. Econometric Model Selection

To assess the impact of popular crypto assets Ethereum (ETH) price volatility on various Russian financial asset classes (equities, exchange rates, crude oil futures, gold, and commodity futures), this section establishes an economic framework through a network correlation model. The initial step before constructing the network involves quantifying the risk associated with each asset class.

In addition, this study examines the overall expected risks such as upside risk and downside risk faced to the investment in using the value-at-risk (*Var*) methodology proposed by [37]. The estimation of upside risk and downside risk through *Var* is outlined as follows:

$$Var_{i,t}^{U,\alpha} = \mu_{it} + t_{v,\eta}^{-1} r(1 - \alpha)\sigma_{it}, \quad (1)$$

$$Var_{i,t}^{D,\alpha} = \mu_{it} + t_{v,\eta}^{-1} r(1 - \alpha)\sigma_{it}. \quad (2)$$

Where the $Var_{i,t}^U$ and $Var_{i,t}^D$ represents the upside and downside risks respective-

ly, μ_{it} and σ_{it} is the conditional mean, and standardized residual of the return series, where the $t_{v,\eta}^{-1} r(\alpha)$ represents the quantile of the distribution of biased students t-statistics at the α level.

3.3. GARCH (p, q)

Model Estimation

The study employs several estimation models from the GARCH family under the assumption of Diebold & Yilmaz [38] estimations to predict the volatility, connectedness and marginal distributions of different types of assets returns individually.

The selection of the optimal marginal distribution model is based on criteria such as log-likelihood (LL) and Akaike Information Criterion (AIC). Specifically, in the mean equation, the asset's return adheres to the standard ARMA (m, n) distribution.

However, to capture the asymmetric and fat-tailed characteristics inherent in asset returns, we opt for the Skewed-t distribution for estimation. For the variance equation, this research utilizes the GJR-GARCH estimation model [39], AP-ARCH estimation model, and E-GARCH model [40].

These models are employed for conditional variance modeling, aiding in improved forecasting of volatility asymmetry attributed to the interplay among assets within the Russian financial market amid heightened economic uncertainty. For selection of the parameters, we estimate the GARCH (p, q) and E-GARCH (p, q) econometric models and presented are as follow:

$$\sigma_t^2 = \omega + \sum_{i=1}^p \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^q \beta_j \sigma_{t-j}^2, \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \ln \sigma_t^2 = & \\ = \omega + \sum_{i=1}^p & \left[\alpha_i \left(\frac{\varepsilon_{t-i}}{\sigma_{t-i}} \right) + \gamma_i \left| \frac{\varepsilon_{t-i}}{\sigma_{t-i}} \right| \right] + \sum_{j=1}^q \beta_j \ln \sigma_{t-j}^2. \end{aligned} \quad (4)$$

3.4. Network Spillover Estimation

From the GARCH estimation the study assesses the volatility and *VaR* of asset returns. Now this study employs the spillover network estimation model proposed by Diebold & Yilmaz [38] with the assumption that crypto assets have connection with other financial assets to quantify the extreme risk spillovers between the Ethereum (ETH) and large-scale Russian financial assets. This network model offers the advantage of a straightforward adaptation of the traditional variance decomposition method.

Moreover, the model facilitates the computation of asset variable volatility at varying time scales. Employing this estimation approach enables us to gauge the intensity of influence among market variables and the contribution of each variable's volatility in the financial market, aiding in the measurement of the spillover network at higher levels of extreme risk:

$$\sigma_t^2 = \omega + \sum_{i=1}^p (\alpha_i + \gamma_i D_{t-i}) \varepsilon_{t-1}^2 + \sum_{j=1}^q \beta_j \sigma_{t-j}^2 \tag{5}$$

The estimation model [38] has found widespread application in studying information shocks and risk contagion within financial markets due to its straightforward calculation process and more intuitive representation:

$$\sigma_t^\delta = \omega + \sum_{i=1}^p \alpha_i (|\varepsilon_{t-i}| - \gamma_i \varepsilon_{t-i})^\delta + \beta_j \sigma_{t-j}^\delta \tag{6}$$

Given that the traditional Cholesky decomposition method is influenced by variable order, which could result in biased outcomes, this paper adopts the generalized variance decomposition method as an alternative to the traditional Cholesky decomposition approach [41]. Following the

generalized variance decomposition method proposed by [39] are given as follow:

$$\theta_{ij}^H = \frac{\sigma_{jj}^{-1} \sum_{h=0}^{H-1} (\dot{e}_i A_h \sum e_i)^2}{\sum_{H=0}^{H-1} (\dot{e}_i A_h \sum \dot{A}_i e_h)} \tag{7}$$

Among these variables, θ_{ij}^H denotes the variance contribution rate of variable *j* to variable *i* within the *H*th step. The selection vector, denoted as “*e*,” is structured such that only the *j*th element is assigned a value of 1, while the remaining elements are set to 0. The covariance matrix of the error term is represented by Σ , and “*A*” signifies the coefficient matrix for the *h*-order lag after the VAR model undergoes transformation into Vector Moving Average (VMA) form.

To ensure uniformity in the summation of each row within $\hat{\sigma}$, the row with a degree of 0° is normalized to generate a new variable:

$$\hat{\theta}_{ij}^H = \frac{\theta_{ij}^H}{\sum_{j=1}^N \theta_{ij}^H} \tag{8}$$

Upon deriving the matrix of variance contribution rates, this study designates it as the risk spillover intensity from variable *j* to variable *i* during period *H* which helps to accurately measure the risk convergence at both ends of the portfolio such as upside and downside risk.

4. Results

4.1. Summary Statistics

Table 1 presents a statistical network summarizing returns from crypto assets and various financial assets. Ethereum (ETH) stands out with the highest mean return at 0.25, notably different from the returns of financial assets, which cluster around 0.05, except for crude oil futures, which exhibit an anomaly.

Most financial assets show positive average returns. In terms of extreme values and standard deviations, ETH's average return remains positive, while crude oil futures emerge as the second most volatile asset. This contrasts with other financial assets that display relatively lower volatility within the Russian financial landscape, especially during the period marked by economic uncertainty following the conflict with Ukraine (2022). The increased volatility in crude oil futures may be attributed to fluctuations in demand and supply during the conflict with Ukraine, leading to economic pressures on Russian crude oil.

Table 1 highlights a significant aspect, indicating that all return series have distinct peaks and tails. The JB statistic confirms the non-normal distribution observed

in all variables. Additionally, the unit root test confirms that all return series exhibit stationary behavior.

4.2. Correlation Matrix

Table 2 presents a matrix that encapsulates extreme risk correlations between crypto assets and a wide range of financial assets, using comprehensive data from the entire sample period. The overall landscape of correlations, covering both downside and upside risk, reveals that more assets are correlated with each other at the downside risk level, while at the upside risk level, the study observed select assets that are correlated with each other. Specifically, Ethereum (ETH) is correlated with all other assets except for gold, corn, and soybeans.

Table 1. Summary Statistics

	ETH	X-rate	Equity	Crude oil	Gold	Copper	Corn	Soybeans
Mean	0.250	0.014	0.015	-0.076	0.083	0.014	0.064	0.044
Max	33.524	2.690	8.940	13.042	6.349	5.824	4.204	12.420
Min	-48.289	-1.224	-8.181	-9.064	-9.932	-6.328	-2.738	-5.630
Std. Dev.	5.563	0.273	1.390	2.384	1.020	0.872	0.797	1.195
Skewness	-0.627	0.548	-0.336	-0.389	-1.207	-1.248	1.542	2.053
Kurtosis	24.302	7.669	9.008	8.683	23.068	12.979	12.268	21.082
JB	0.001***	0.001**	0.001***	0.001***	0.001**	0.001**	0.001***	0.001**
ADF. St.	0.001***	0.001***	0.001***	0.001**	0.001***	0.001***	0.001**	0.001**
Sample Size	1306	1306	1306	1306	1306	1306	1306	1306

Note: Jarque Bera test and Augmented Dickey Fuller test p-values *** represents 1 % level of significance

Table 2. Correlation Matrix (Full Sample)

VaR ^L	ETH	X-rate	Equity	Crude oil	Gold	Copper	Corn
X-rate	0.68	1					
Equity	0.67	0.61	1				
Crude oil	0.59	0.70	0.81	1			
Gold	0.28	0.01	0.13	0.38	1		
Copper	0.51	0.65	0.42	0.10	0.01	1	

End of table 2

VaR ^L	ETH	X-rate	Equity	Crude oil	Gold	Copper	Corn
Corn	0.07	0.75	0.86	0.17	0.07	0.34	1
Soybeans	0.01	0.01	0.05	0.05	0.06	0.61	0.01
VaR ^U	ETH	X-rate	Equity	Crude oil	Gold	Copper	Corn
X-rate	0.34	1					
Equity	0.01	0.10	1				
Crude oil	0.76	0.74	0.76	1			
Gold	0.18	0.03	0.58	0.16	1		
Copper	0.08	0.70	0.28	0.73	0.18	1	
Corn	0.01	0.12	0.45	0.05	0.01	0.08	1
Soybeans	0.07	0.15	0.06	0.08	0.81	0.24	0.40

Note: “VaR^U” and “VaR^L” indicate the extent to which the extreme risk VaR at upper side tiled risk and lower side respectively

Conversely, gold, corn, and soybeans exhibit lower correlations with other assets such as equity, exchange rates, and crude oil futures. The correlation patterns among assets at the upside risk are similar to those at the downside risk, highlighting discernible linkages characterizing extreme risk interactions between crypto assets and financial assets. The correlation matrix approves the projected hypothesis as proposed in the section literature review.

4.3. Risk spillovers Analysis

This section employs Diebold & Yilmaz’s [38] spillover network analysis to construct an extreme risk correlation network between a popular crypto asset the Ethereum (ETH) and prominent financial assets in the Russian financial market.

The spillover network model reveals the intricate mechanisms underlying the transmission of volatility within the domain of both types of assets. To ensure robustness of the estimation model, the study employed the AIC and SC criteria as proposed by [41].

Similarly, VaR model is utilized to discern the interplay of volatility between crypto assets and the array of other under-

lying financial assets. Following the AIC and SC guidelines [37], the VAR model, equipped with a lag order of 1, is expertly harnessed. Subsequently, the generalized prediction variance is extrapolated with a forward projection spanning 10 steps lag order employing the construction of the variance decomposition matrix.

The process of constructing the VaR model involves the meticulous determination of the lag order through the prism of the AIC or SC criterion as outlined by [38]. Empirical evidence suggests that the lag order typically falls within the range of 1 to 3, with 1 being the most appropriate choice.

Therefore, the ultimate selection gravitates toward a lag order of 1, deviating from prior studies that often favored 10 for constructing the variance decomposition matrix. Primarily, it begins with the estimation of the marginal distributions of underlying asset return series. Subsequently, optimal marginal distribution models are selected for each return series based on the LL and AIC criteria. The selection process is meticulously documented, with the optimal marginal distribution models chronicled in Table 3.

Table 3. Estimated results of the marginal distribution model of returns on crypto assets other financial assets

	ETH	X-rate	Equity	Crude oil	Gold	Copper	Corn	Soybeans
Model	ARMA(2,2)-GARCH(2,1)	ARMA(1,1)-GARCH(1,1)	ARMA(2,2)-EGARCH(1,1)	ARMA(2,1)-EGARCH(2,2)	ARMA(1,2)-EGARCH(2,2)	ARMA(1,1)-EGARCH(2,2)	ARMA(1,1)-EGARCH(2,1)	ARMA(2,2)-EGARCH(1,1)
Obs.	1306	1306	1306	1306	1306	1306	1306	1306
μ	-0.08*** (-546.01)	0.01 (0.80)	-0.06 (-5879.85)	-0.05*** (3854.81)	0.01*** (11431.45)	0.01*** (102.38)	0.03*** (7345.70)	0.01*** (3074.61)
AR (1)	1.25*** (2748.57)	-0.12* (-1.76)	0.02*** (453.22)	-0.71*** (-6521.10)	0.54*** (11433.62)	0.27*** (7305.56)	0.12*** (3133.62)	-0.64*** (-8685.1)
AR (2)	-0.36*** (-1463.84)		0.85*** (13195.84)	0.12*** (4668.20)				-0.58*** (-7078.01)
MA (1)	-1.36*** (-5971.12)	0.11* (1.81)	-0.02*** (-4902.08)	0.83*** (4788.40)	-0.56*** (-11503.08)	-0.37*** (-4455.05)	-0.14*** (-2607.53)	0.65*** (7648.81)
MA (2)	0.23*** (1548.25)	-0.12*** (-1245.01)	-0.99*** (-3732.10)		-0.01*** (-123.62)			0.61*** (7314.11)
ω	3.16*** (2.81)	0.00 (0.71)	-0.12*** (1.70)	0.10*** (5155.70)	0.01*** (10714.02)	-0.01*** (-13.12)	-0.01*** (487.02)	-0.01*** (-3358.60)
α_1	0.12*** (3.27)	0.04* (1.61)	0.03*** (2.40)	-0.05*** (-4624.5)	0.11*** (7757.01)	-0.06*** (-1201.07)	-0.14*** (-7175.28)	0.07*** (3260.5)
α_2	0.01*** (2.78)			-0.13*** (-4752.00)	-0.01*** (-3535.53)	0.02*** (1103.81)	0.21*** (1555.15)	

End of table 3

Model	ETH	X-rate	Equity	Crude oil	Gold	Copper	Corn	Soybeans
	ARMA(2,2)- GARCH(2,1)	ARMA(1,1)- GARCH(1,1)	ARMA(2,2)- EGARCH(1,1)	ARMA(2,1)- EGARCH(2,2)	ARMA(1,2)- EGARCH(2,2)	ARMA(1,1)- EGARCH(2,2)	ARMA(1,1)- EGARCH(2,1)	ARMA(2,2)- EGARCH(1,1)
β_1	0.61*** (9.17)	0.81*** (15.71)	0.72*** (32.46)	-0.03*** (-7387.4)	1.01*** (15107.62)	-0.01*** (-1567.20)	0.088*** (10180.52)	0.88*** (10423.21)
β_2				0.89** (6268.80)	-0.01*** (-8155.65)	0.85*** (581101)		
γ_1				0.12***		0.01***	0.10***	-0.06***
γ_2				(1681.00)		(1024.72)	(7003.06)	(-6968.8)
skew				-0.01*** (-1144.80)	0.76*** (13020.35)	0.04*** (2701)	-0.05*** (-7138.74)	
		1.03*** (17.69)				10.0*** (1457)	1.01*** (1248.65)	
Sharpe		2.03*** (6.02)			2.10*** (14011.21)	2.02*** (823.50)	1.65*** (8206.01)	1.65*** (8663.71)
LL	-1653.31	-09.25	-1909.03	-1181.36	-463.36	-606.05	-423.56	-816.33
AIC	4.74	0.05	3.20	3.11	1.80	2.25	1.65	2.60

Note: t-statistics are given in parentheses *** represents 1 % level of significance

The findings conspicuously reveal that the return series of all underlying assets exhibit distinctive attributes of asymmetric volatility, notably captured by the GARCH model. This distinct volatility profile is most pronounced within Ethereum (ETH) and the USD/RUB exchange rate, while other assets also experience heightened volatility over the study timeframe.

From Table 3 from total 1306 observations, the study observed massive increase in the spillover during the crisis period especially during the crisis with Ukraine where the tension intensified across all the underline assets which show the upsurge in the risk associated to the Russian financial market. In addition, the new policy regarding financial openness and removal of ban from the investment in crypto assets clearly shows that the investment shifts

from conventional financial assets into the crypto assets. This overarching trend within the new financial policy and financial asset landscape underscores the substantial positive impact brought about by the ongoing Russia-Ukraine crisis (2022) upon the Russian economy.

To assess the overall portfolio risk in terms of both downside and upside risk, the study employed the estimation of Value at Risk (VaR) for both Ethereum (ETH) and other financial assets. The return series was analyzed, and corresponding statistical summaries are presented in Table 4. When examining the absolute values of these results, it becomes apparent that the average thresholds, volatility ranges, and magnitudes of volatility for both upside and downside risks are fundamentally similar for identical financial assets [38].

Table 4. Values at Risk (VaR) estimation at Downside Risk and Upside risk

VaR ^L	ETH	X-rate	Equity	Crude oil	Gold	Copper	Corn	Soybeans
Avg.	-5.502	-0.283	-1.013	-3.312	-1.007	-1.301	-0.805	-1.454
Max.	-3.037	-0.171	-1.341	-1.377	-0.150	-0.504	-0.413	-0.611
Min.	-19.211	-0.703	-3.184	-8.434	-25.431	-4.083	-1.865	-1.638
Std. Div.	1.42	0.060	0.211	1.122	1.415	0.323	0.121	0.457
VaR ^U								
Avg.	6.225	0.311	1.003	2.162	1.023	1.251	1.024	1.461
Max.	21.77	0.717	2.358	8.007	24.885	3.155	1.837	1.725
Min.	4.231	0.2.7	1.514	1.384	0.157	0.554	0.045	0.617
Std. Div.	1.576	0.058	0.301	1.006	1.408	0.351	0.201	0.373

Note: VaR^L and VaR^U represent the downside risk and upside risk.

In contrast, there has been a decline in demand for crude oil futures and gold, driven by various factors including international sanctions and the removal of the Russian banking network from the SWIFT system. These transformative shifts in the international landscape have tangible repercussions on the Russian financial terrain. This analysis highlights an increase in volatility

for copper futures and crude oil futures following the critical event in February 2022, which corresponds with the Russia-Ukraine crisis (Table 4).

Furthermore, all financial assets, except corn futures, exhibit greater susceptibility to extreme price surges. However, when examining downside and upside risk correlation networks concerning the up-

side risk greater variability emerges. In the downside risk, soybean futures are the primary conduit for risk spillover, with Ethereum (ETH) ranking third.

In the upside risk domain, Ethereum (ETH) surpasses its downside counterpart, assuming a more prominent role in risk transmission. These findings underscore the significant impact of crypto assets on financial assets, particularly during extreme price surges.

Analyzing net spillovers in extreme risk across various financial assets, except exchange rates, reveals consistent positioning in both downside and upside risk correlation networks. Ethereum (ETH), stock markets, corn, and soybean futures play dominant roles in steering risk transmission within the Russian financial landscape. Ethereum (ETH) notably holds a top-tier position in terms of net spillover levels in both downside and upside risk correlation networks, emphasizing the substantial influence of global crypto asset price changes on corresponding shifts in financial asset prices.

In contrast, crude oil, gold, and copper futures play relatively passive roles in the Russian financial environment regarding extreme risk transmission between crypto assets and financial assets. The comprehen-

sive analysis conducted on the full sample provides a panoramic view of prolonged dynamics characterizing extreme risk spillovers between crypto assets and financial assets within the Russian financial market.

However, considering the dynamic nature of short-term risk spillovers amid high economic uncertainty and economic sanctions on Russia, this study extends its scope to include a rolling window of 60 trading days (equivalent to the preceding 3 months) to dynamically unravel the risk spillover relationship between crypto assets and a array of financial assets.

In Figure 2, the dynamic trajectory of the comprehensive correlation encompassing downside risk and upside risk between crypto assets and other financial assets is illustrated.

Notably, this graph exhibits marked fluctuations in the overall correlation between crypto assets and financial assets in terms of both downside risk and upside risk. This correlation predominantly oscillates within the range of 30 % to 50 %, indicating a high-level extreme risk correlation. However, an intriguing nuance is the differing trends in overall correlation between downside risk and upside risk, with the former displaying greater volatility, especially up until February (2022).

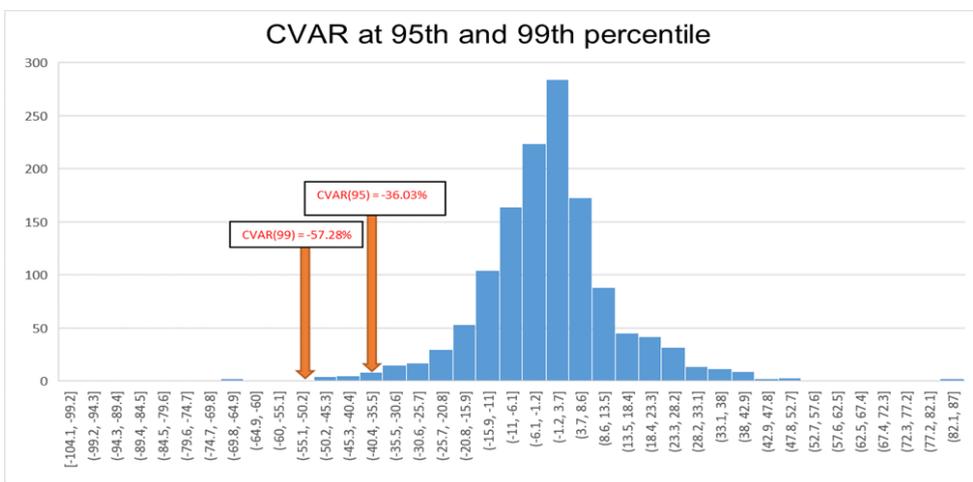


Figure 2. Overall correlation between downside and upside risk

During this period, the overall correlation of downside risk experiences recurrent fluctuations, while the correlation relating to upside risk remains relatively consistent, hovering around 35 % for most of the observed timeline. Additionally, the data reveals that the overall correlation of downside risk exhibits a higher frequency of abrupt shifts compared to the pattern observed in the realm of upside risk. This disparity underscores a notable difference

in the dynamic behavior of the overall correlation encompassing downside risk and upside risk, indicating a substantial disconnect between the two from a dynamic standpoint.

Figure 3 reveals two notable surges in spillover levels around the event day of the crisis where the initial surge primarily affects downside risk, driven by increased spillover of volatility in global financial stress and market volatility.

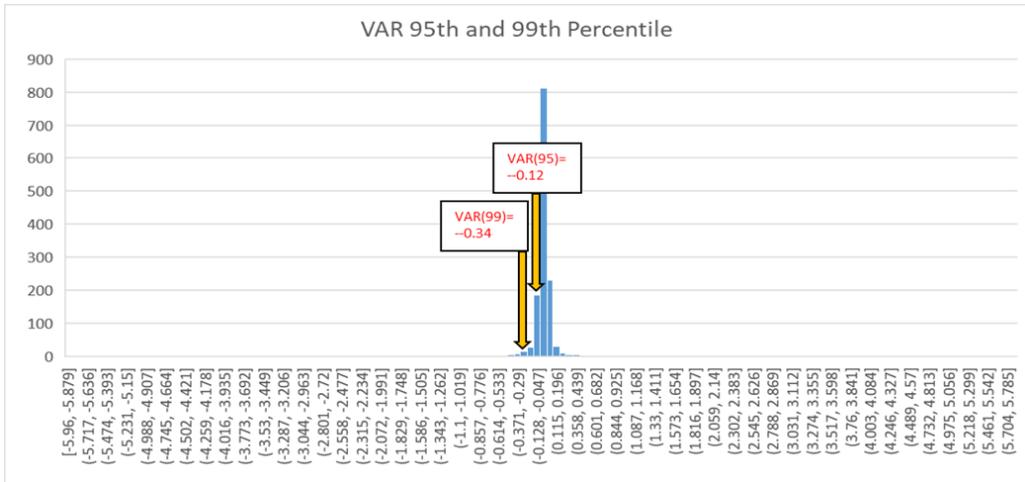


Figure 3. Downside and upside risk spillover effect from crypto other financial assets

In contrast, the subsequent surge during the 2022 crisis between Russia and Ukraine is mainly due to amplified spillover from volatility in commodity markets, influencing upside risk in the Russian financial market. These increases in spillover levels during the crisis can be attributed to consistent factors, including heightened global financial stress, market volatility, and increased network spillover levels, as well as volatility in stock markets.

Similarly, the findings depict the dynamic trajectory of net downside risk and upside risk spillover from crypto assets to financial assets. Over the observed timeline, these spillover levels show an oscillating pattern, except for a unique period before February 2022 when they deviated from the norm.

Generally, net downside risk and upside risk spillover from crypto assets to financial assets exhibit opposing trajectories, with spillover levels mostly around a neutral value of 0, except for a significant surge during the Ukraine crisis. This surge corresponds to a dramatic short-term fluctuation, with net downside and upside risk spillovers increasing by approximately 29 % and 35 %, respectively, due to the crisis’s impact.

This trend aligns with prior studies including [34, 42], which found that crypto assets during COVID-19 and the other financial assets from MOEX do not function as safe-haven assets during economic crises.

5. Discussion

This comprehensive study meticulously explores the intricate relationships be-

tween cryptocurrency and traditional financial assets, including equities, gold, crude oil, commodities, and forex, within the context of the Russian financial market.

The investigation spans both normal economic conditions and crisis periods, providing valuable insights into the dynamic nature of these connections. A noteworthy observation arises from the analysis of increased volatility in crude oil futures, a phenomenon attributed to the geopolitical conflict with Ukraine. Fluctuations in demand and supply during this period exerted economic pressures on Russian crude oil.

The summary statistics offer a deeper understanding, revealing distinct peaks and tails in return series, supported by statistical tests indicating non-normal distribution and the presence of stationary behavior. Delving into the correlation among assets, a nuanced pattern emerges. Which insights the acceptance of the proposed hypothesis.

The findings are similar with the results in the same economic dynamics [42]. The downside risk level shows a higher correlation among various assets, while at the upside risk level, the study identifies specific assets correlated with each other. Ethereum (ETH) stands out, correlated with all assets except gold, corn, and soybeans.

The research employs the sophisticated Diebold & Yilmaz spillover network analysis methodology, unraveling intricate mechanisms governing the transmission of volatility between Ethereum (ETH) and key financial assets in the Russian market.

The findings not only highlight the presence of asymmetric volatility, especially in Ethereum (ETH) and the USD/RUB exchange rate, but also underscore a shifting trend toward crypto assets following recent financial openness policies. That accepts the proposed hypothesis there is network spillover effects crypto asset and exchange rate in Russian financial market during economic crisis. The findings are aligned with the results with [43].

During crisis periods, the study observes consistent downside risk correlations across financial assets, with Ethereum (ETH) playing a pivotal role in risk transmission. The impact of extreme price surges in commodity market is explored, revealing that Ethereum (ETH) assumes prominence in both downside and upside risk correlation networks.

That accepts the proposed hypothesis there is network spillover effects crypto asset and commodity future in Russian financial market during economic crisis. The findings are aligned with the results with [20]. This indicates the substantial influence of global crypto asset price changes on corresponding shifts in financial asset prices within the Russian financial landscape.

In a departure from global trends, the research reveals a unique dynamic in the Russian financial market where crypto assets challenge their traditional safe-haven status. Policy changes, influenced by challenges and sanctions, lead to a more permissive regulatory stance on crypto assets, strategically stimulating economic growth amid the Ukraine conflict.

The study adopts a comprehensive approach, considering prolonged dynamics and incorporating a rolling window to capture short-term risk spillovers, ensuring a nuanced understanding of the evolving economic landscape.

6. Conclusion

This study delves into an intricate analysis of network correlations between the volatility of crypto assets and their potential influence on conventional assets within the Russian financial market, particularly during periods of stability and crisis.

Additionally, the study examines the impact of financial regulations pertaining to investments in crypto assets, analyzing how policy amendments counteract the ef-

fects of trade and banking sanctions during crises.

Specifically, the study explores the repercussions of the ongoing crisis between Russia and Ukraine (2022) on the volatilities of the prominent and popular crypto asset, Ethereum (ETH), and various financial assets including equities, exchange rates, crude oil futures, gold, and commodity futures trading in Moscow stock exchange (MOEX). The selection of Ethereum (ETH) as the focal point of this study stems from its legal recognition by the Russian government, allowing for tradable investments.

Consequently, there has been a substantial increase in investments in crypto assets following the implementation of these new policies. Due to this financial openness, ETH holds a significant position within Russia, being a Russian-based digital coin renowned for its enhanced security compared to other crypto assets, notably Bitcoin.

Furthermore, this study examines overall portfolio risk encompassing both downside and upside risk, utilizing the estimation of value-at-risk (VaR) for both Ethereum (ETH) and other financial assets. To establish an extreme risk spillover network connectedness across ETH and other financial assets, the paper adopts a correlation network approach of Diebold & Yilmaz.

This study follows the modern portfolio proposed by Harry Markowitz's (1952) and provides suggestions regarding the allocation of weights to different assets based on their associated risks and returns. In light of this theory, concepts such as hedging, and diversification emerge to manage risks associated with financial assets.

In addition, the practical findings illuminate significant insights into the factors influencing risk within the Russian financial market. The results indicate the presence of substantial extreme risk correlations, both in the short and long term, between crypto assets and other financial assets.

Crypto assets, particularly ETH, emerge as dominant entities in risk transmission within the Russian financial market during periods of geopolitical turmoil. Extreme fluctuations in returns significantly affect extreme changes in financial assets, especially during instances of extreme price increases across the broader economy. However, crypto assets demonstrate relatively lower susceptibility to the ongoing crisis compared to financial assets, as evidenced by significant fluctuations in returns.

In the Russian financial market, the impact of extreme changes in returns on crypto assets does not exhibit strong hedging potential, especially when compared to gold futures. Notably, crude oil futures emerge as the primary source of risk for both crypto assets and financial assets within the studied timeframe.

In the short term, a high level of extreme risk correlation is observed between the underline assets, with a particular emphasis on the correlation between downside and upside risk. This correlation, however, exhibits significant asymmetry, characterized by volatility in downside risks and the prevalence of substantial instantaneous increases compared with upside risk.

Moreover, in the short term, the level of risk spillover between the crypto and financial assets displays relatively lower correlation, with only crude oil futures and exchange rates exhibiting notable correlations with ETH. This co-movement of crypto assets and other financial assets underscores the significant impact of the crisis between Russia and Ukraine (2022) on the risk in the Russian financial market, with market volatility emerging as the predominant influence on the Russian economy's context. During the crisis and after the implementation of the financial openness policy, crypto assets wield considerable influence within the Russian financial market, and the impact of extreme price volatility on financial assets cannot be disregarded.

This study underscores the imperative of incorporating extreme fluctuations in crypto asset returns into the realm of risk management for the financial market. Caution towards the stability of the financial market is warranted during periods of extreme increases in crypto asset returns, given the dynamic nature of connectivity. Timely adjustments aligned with regulatory strategies are necessary to mitigate the risks to the Russian financial market stemming from the volatility of global digital currencies and financial assets, particularly in times of emergencies such as the crisis between Russia and Ukraine.

This study provides empirical evidence of the risk associations between crypto and other financial assets. Nevertheless, during the course of this research study, certain limitations were encountered, including the inclusion of only ETH and main indices from MOEX to represent the Russian financial market.

For future research directions, it is suggested that various types of crypto assets should be incorporated and combined with main and sectorial indices to examine the overall impact of crypto assets more comprehensively on financial assets using a multifaceted network framework.

References

1. Ullah, M., Sohag, K., Khan, S., Sohail, H.M. (2023). Impact of Russia–Ukraine conflict on Russian financial market: Evidence from TVP-VAR and quantile-VAR analysis. *Russian Journal of Economics*, Vol. 9, No. 3, 284–305. <https://doi.org/10.32609/j.ruje.9.105833>
2. Fang, Y., Shao, Z. (2022). The Russia-Ukraine conflict and volatility risk of commodity markets. *Finance Research Letters*, Vol. 50, 103264. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2022.103264>
3. Aysan, A.F., Demir, E., Gozgor, G., Lau, C.K.M. (2019). Effects of the geopolitical risks on Bitcoin returns and volatility. *Research in International Business and Finance*, Vol. 47, 511–518. <https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2018.09.011>
4. Girardone, C. (2022). Russian Sanctions and the Banking Sector. *British Journal of Management*, Vol. 33, Issue 4, 1683–1688. <https://doi.org/10.1111/1467-8551.12656>
5. Yang, Y. (2023). Effect of Ukraine-Russia Conflict on the Cryptocurrency Market: an Event Study Perspective. *Bcp Business & Management*, Vol. 38, 181–187. <https://doi.org/10.54691/bcpbm.v38i.3686>
6. Theiri, S., Nekhili, R., Sultan, J. (2023). Cryptocurrency liquidity during the Russia–Ukraine war: the case of Bitcoin and Ethereum. *Journal of Risk Finance*, Vol. 24, Issue 1, 59–71. <https://doi.org/10.1108/JRF-05-2022-0103>
7. Allen, F., Fatas, A., Weder Di Mauro, B. (2022). Was the ICO boom just a sideshow of the Bitcoin and Ether Momentum? *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, Vol. 80, 101637. <https://doi.org/10.1016/j.intfin.2022.101637>
8. Mensi, W., Gubareva, M., Ko, H.-U., Vo, X.V., Rang, S.H. (2023). Tail spillover effects between cryptocurrencies and uncertainty in the gold, oil, and stock markets. *Financial Innovation*, Vol. 9, Issue 1, 92. <https://doi.org/10.1186/s40854-023-00498-y>
9. Wang, Q., Wei, Y., Wang, Y., Liu, Y. (2022). On the Safe-Haven Ability of Bitcoin, Gold, and Commodities for International Stock Markets: Evidence from Spillover Index Analysis. *Discrete Dynamics in Nature and Society*, Vol. 2022, 9520486. <https://doi.org/10.1155/2022/9520486>
10. Polat, O. (2023). Dynamic Volatility Connectedness among Cryptocurrencies: Evidence from Time-Frequency Connectedness Networks. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, Vol. 23, Issue 1, 29–50. <https://doi.org/10.18037/ausbd.1272534>
11. Kumar, S., Patel, R., Iqbal, N., Gubareva, M. (2023). Interconnectivity among cryptocurrencies, NFTs, and DeFi: Evidence from the Russia-Ukraine conflict. *North American Journal of Economics and Finance*, Vol. 68, 101983. <https://doi.org/10.1016/j.najef.2023.101983>

12. Ullah, M., Sohail, H.M., Haddad, H., Al-Ramahi, N.M., Khan, M.A. (2023). Global Structural Shocks and FDI Dynamic Impact on Productive Capacities: An Application of CS-ARDL Estimation. *Sustainability*, Vol. 15, Issue 1, 283. <https://doi.org/10.3390/su15010283>
13. Sohag, K., Ullah, M. (2022). Response of BTC Market to Social Media Sentiment: Application of Cross-Quantilegram with Bootstrap. In: *Digitalization and the Future of Financial Services. Contributions to Finance and Accounting*. Edited by D. B. Vukovic, M. Maiti, E. M. Grigorieva. Springer, Cham., 103–119. https://doi.org/10.1007/978-3-031-11545-5_6
14. Ali, F., Bouri, E., Naifar, N., Shahzad, S.J.H., AlAhmad, M. (2022). An examination of whether gold-backed Islamic cryptocurrencies are safe havens for international Islamic equity markets. *Research in International Business and Finance*, Vol. 63, 101768. <https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2022.101768>
15. Raza, S.A., Ahmed, M., Aloui, C. (2022). On the asymmetrical connectedness between cryptocurrencies and foreign exchange markets: Evidence from the nonparametric quantile on quantile approach. *Research in International Business and Finance*, Vol. 61, 101627. <https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2022.101627>
16. Bouri, E., Gupta, R., Vo, X.V. (2022). Jumps in Geopolitical Risk and the Cryptocurrency Market: The Singularity of Bitcoin. *Defence and Peace Economics*, Vol. 33, Issue 2, 150–161. <https://doi.org/10.1080/10242694.2020.1848285>
17. Baur, D.G., Hong, K., Lee, A.D. (2018). Bitcoin: Medium of exchange or speculative assets? *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, Vol. 54, 177–189. <https://doi.org/10.1016/j.intfin.2017.12.004>
18. Dyhrberg, A.H. (2016). Bitcoin, gold and the dollar — A GARCH volatility analysis. *Finance Research Letters*, Vol. 16, 85–92. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2015.10.008>
19. Dyhrberg, A.H. (2016). Hedging capabilities of bitcoin. Is it the virtual gold? *Finance Research Letters*, Vol. 16, 139–144. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2015.10.025>
20. Bouri, E., Shahzad, S.J.H., Roubaud, D., Kristoufek, L., Lucey, B. (2020). Bitcoin, gold, and commodities as safe havens for stocks: New insight through wavelet analysis. *Quarterly Review of Economics and Finance*, Vol. 77, 156–164. <https://doi.org/10.1016/j.qref.2020.03.004>
21. Yousaf, I., Plakandaras, V., Bouri, E., Gupta, R. (2023). Hedge and safe-haven properties of FAANA against gold, US Treasury, bitcoin, and US Dollar/CHF during the pandemic period. *North American Journal of Economics and Finance*, Vol. 64, 101844. <https://doi.org/10.1016/j.najef.2022.101844>
22. Bouri, E., Molnár, P., Azzi, G., Roubaud, D., Hagfors, L.I. (2017). On the hedge and safe haven properties of Bitcoin: Is it really more than a diversifier? *Finance Research Letters*, Vol. 20, 192–198. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2016.09.025>
23. Khan, S., Ullah, M., Shahzad, M.R., Khan, U.A., Khan, U., Eldin, S.M., Alotaibi, A.M. (2022). Spillover Connectedness among Global Uncertainties and Sectorial Indices of Pakistan: Evidence from Quantile Connectedness Approach. *Sustainability*, Vol. 14, Issue 23, 15908. <https://doi.org/10.3390/su142315908>
24. Koutmos, D. (2018). Return and volatility spillovers among cryptocurrencies. *Economics Letters*, Vol. 173, 122–127. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2018.10.004>
25. Abubakr Naeem, M., Iqbal, N., Lucey, B.R., Karim, K. (2022). Good versus bad information transmission in the cryptocurrency market: Evidence from high-frequency data. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, Vol. 81, 101695. <https://doi.org/10.1016/j.intfin.2022.101695>
26. Yousaf, I., Jareño, F., Martínez-Serna, M.-I. (2023). Extreme spillovers between insurance tokens and insurance stocks: Evidence from the quantile connectedness approach. *Journal of Behavioral and Experimental Finance*, Vol. 39, 100823. <https://doi.org/10.1016/j.jbef.2023.100823>
27. Hassan, M.K., Hasan, M.B., Halim, Z.A., Maroney, N., Rashid, M.D. (2022). Exploring the dynamic spillover of cryptocurrency environmental attention across the commodities, green

bonds, and environment-related stocks. *North American Journal of Economics and Finance*, Vol. 61, 101700. <https://doi.org/10.1016/j.najef.2022.101700>

28. Elsayed, A.H., Sousa, R.M. (2022). International monetary policy and cryptocurrency markets: dynamic and spillover effects. *European Journal of Finance*, 1–21. <https://doi.org/10.1080/1351847X.2022.2068375>

29. Wang, G.-J., Xie, C., Wen, D., Zhao, L. (2019). When Bitcoin meets economic policy uncertainty (EPU): Measuring risk spillover effect from EPU to Bitcoin. *Finance Research Letters*, Vol. 31, S1544612318305749. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2018.12.028>

30. Kristoufek, L. (2023). Will Bitcoin ever become less volatile? *Finance Research Letters*, Vol. 51, 103353. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2022.103353>

31. Katsiampa, P. (2017). Volatility estimation for Bitcoin: A comparison of GARCH models. *Economics Letters*, Vol. 158, 3–6. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2017.06.023>

32. Beraich, M., Amzile, K., Laamire, J., Zirari, O., Fadali, M.A. (2022). Volatility Spillover Effects of the US, European and Chinese Financial Markets in the Context of the Russia–Ukraine Conflict. *International Journal of Financial Studies*, Vol. 10, Issue 4, 95. <https://doi.org/10.3390/ijfs10040095>

33. Ali, F., Jiang, Y., Sensoy, A. (2021). Downside risk in Dow Jones Islamic equity indices: Precious metals and portfolio diversification before and after the COVID-19 bear market. *Research in International Business and Finance*, Vol. 58, 101502. <https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2021.101502>

34. Conlon, T., McGee, R. (2020). Safe haven or risky hazard? Bitcoin during the Covid-19 bear market. *Finance Research Letters*, Vol. 35, 101607. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2020.101607>

35. Taera, E.G., Setiawan, B., Saleem, A., Wahyuni, A.S., Chang, D.K.S., Nathan, R.J., Lakner, Z. (2023). The impact of Covid-19 and Russia–Ukraine war on the financial asset volatility: Evidence from equity, cryptocurrency and alternative assets. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, Vol. 9, Issue 3, 100116. <https://doi.org/10.1016/j.joit-mc.2023.100116>

36. Markowitz, H. (1952). Portfolio Selection. *Journal of Finance*, Vol. 7, Issue 1, 77–91. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1952.tb01525.x>

37. Bardou, O., Frikha, N., Pages, G. (2009). Computation of VaR and CVaR using stochastic approximations and unconstrained importance sampling. *Monte Carlo Methods and Applications*, Vol. 15, Issue 3, 173–210. <https://doi.org/10.1515/MCMA.2009.011>

38. Diebold, F.X., Yilmaz, K. (2012). Better to give than to receive: Predictive directional measurement of volatility spillovers. *International Journal of Forecasting*, Vol. 28, Issue 1, 57–66. <https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2011.02.006>

39. Glosten, L.R., Jagannathan, R., Runkle, D.E. (1993). On the Relation between the Expected Value and the Volatility of the Nominal Excess Return on Stocks. *Journal of Finance*, Vol. 48, Issue 5, 1779–1801. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1993.tb05128.x>

40. Lai, T.L., Xing, H. (2013). Stochastic change-point ARX-GARCH models and their applications to econometric time series. *Statistica Sinica*, Vol. 23, No. 4, 1573–1594. <http://dx.doi.org/10.5705/ss.2012.224s>

41. Engle, R.F., Ng, V.K. (1993). Measuring and Testing the Impact of News on Volatility. *Journal of Finance*, Vol. 48, Issue 5, 1749–1778. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1993.tb05127.x>

42. Raza, S.A., Shah, N., Guesmi, K., Msolli, B. (2022). How does COVID-19 influence dynamic spillover connectedness between cryptocurrencies? Evidence from non-parametric causality-in-quantiles techniques. *Finance Research Letters*, Vol. 47, 102569. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2021.102569>

43. Kristoufek, L., Bouri, E. (2023). Exploring sources of statistical arbitrage opportunities among Bitcoin exchanges. *Finance Research Letters*, Vol. 51, 103332. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2022.103332>

INFORMATION ABOUT AUTHOR

Mirzat Ullah

Post-Graduate Student, Department of Economics, Research Engineer, Laboratory of International and Regional Economics, School of Economics and Management, Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia (620002, Yekaterinburg, Mira street, 19); ORCID <https://orcid.org/0000-0003-1517-0611> e-mail: mirzat.ullakh@urfu.ru

FOR CITATION

Ullah, M. (2024). Dynamic Connectedness between Crypto and Conventional Financial Assets: Novel Findings from Russian Financial Market. *Journal of Applied Economic Research*, Vol. 23, No. 1, 110–135. <https://doi.org/10.15826/vestnik.2024.23.1.005>

ARTICLE INFO

Received November 23, 2023; Revised December 19, 2023; Accepted January 8, 2024.

Динамическая связь между криптовалютами и обычными финансовыми активами: новые выводы с российского финансового рынка

Мирзат Улла  

Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б. Н. Ельцина,

г. Екатеринбург, Россия

 mirzat.ullakh@urfu.ru

Аннотация. В динамичном ландшафте российской цифровой экономики и растущей финансовой открытости криптоактивы стали влиятельными игроками на финансовом рынке. Геополитические и экономические события после конфликта с Украиной создали огромные вызовы в виде финансовых и торговых санкций в сочетании с приостановкой подключения к банковской системе SWIFT, что ввергло российскую экономику в опасное положение. Текущее исследование углубляется в побочные эффекты сети между известными криптоактивами и различными финансовыми активами, включая акции, обменные курсы, сырую нефть, золото и товарные фьючерсы, используя ежедневные данные с 1 января 2018 г. по 31 августа 2023 г. Цель исследования — дать эмпирические и теоретические представления о противодействии влиянию санкций на Россию, предложив прагматичное решение для российского финансового рынка. Методология исследования предполагает применение оценки сетевых вторичных эффектов и анализа стоимости актива, находящегося в зоне риска. Примечательно, что результаты показывают устойчивую связь между криптовалютами и финансовыми активами, где криптоактивы играют ключевую роль в передаче риска в финансовом ландшафте. В то время как их влияние на другие финансовые активы остается относительно незначительным, краткосрочные корреляции демонстрируют волатильные колебания, часто отмеченные резким увеличением риска ухудшения. Теоретические выводы следуют портфельной теории ценообразования активов, при этом экстремальные побочные эффекты риска возникают из-за долгосрочных колебаний на рынке криптовалют, влияя на рыночные настроения и повышая распространение риска на российском финансовом рынке. Наши результаты имеют практическое значение для анализа процессов оплаты и получения, а также для торговой деятельности с зарубежными странами, предоставляя важную информацию для политиков и лиц, принимающих инвестиционные решения.

Ключевые слова: криптоактивы; финансовые активы; российский финансовый рынок; анализ вторичных эффектов сети.

Список использованных источников

1. Ullah M., Sohag K., Khan S., Sohail H. M. Impact of Russia–Ukraine conflict on Russian financial market: Evidence from TVP-VAR and quantile-VAR analysis // Russian Journal of Economics. 2023. Vol. 9, No. 3. Pp. 284–305. <https://doi.org/10.32609/j.ruje.9.105833>
2. Fang Y., Shao Z. The Russia-Ukraine conflict and volatility risk of commodity markets // Finance Research Letters. 2022. Vol. 50. 103264. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2022.103264>

3. *Aysan A. F., Demir E., Gozgor G., Lau C. K.M.* Effects of the geopolitical risks on Bitcoin returns and volatility // *Research in International Business and Finance*. 2019. Vol. 47. Pp. 511–518. <https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2018.09.011>
4. *Girardone C.* Russian Sanctions and the Banking Sector // *British Journal of Management*. 2022. Vol. 33, Issue 4. Pp. 1683–1688. <https://doi.org/10.1111/1467-8551.12656>
5. *Yang Y.* Effect of Ukraine-Russia Conflict on the Cryptocurrency Market: an Event Study Perspective // *BCP Business & Management*. 2023. Vol. 38. Pp. 181–187. <https://doi.org/10.54691/bcpbm.v38i.3686>
6. *Theiri S., Nekhili R., Sultan J.* Cryptocurrency liquidity during the Russia–Ukraine war: the case of Bitcoin and Ethereum // *Journal of Risk Finance*. 2023. Vol. 24, Issue 1. Pp. 59–71. <https://doi.org/10.1108/JRF-05-2022-0103>
7. *Allen F., Fatas A., Weder Di Mauro B.* Was the ICO boom just a sideshow of the Bitcoin and Ether Momentum? // *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*. 2022. Vol. 80. 101637. <https://doi.org/10.1016/j.intfin.2022.101637>
8. *Mensi W., Gubareva M., Ko H.-U., Vo X. V., Rang S. H.* Tail spillover effects between cryptocurrencies and uncertainty in the gold, oil, and stock markets // *Financial Innovation*. 2023. Vol. 9, Issue 1. 92. <https://doi.org/10.1186/s40854-023-00498-y>
9. *Wang Q., Wei Y., Wang Y., Liu Y.* On the Safe-Haven Ability of Bitcoin, Gold, and Commodities for International Stock Markets: Evidence from Spillover Index Analysis // *Discrete Dynamics in Nature and Society*. 2022. Vol. 2022. 9520486. <https://doi.org/10.1155/2022/9520486>
10. *Polat O.* Dynamic Volatility Connectedness among Cryptocurrencies: Evidence from Time-Frequency Connectedness Networks // *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*. 2023. Vol. 23, Issue 1. Pp. 29–50. <https://doi.org/10.18037/ausbd.1272534>
11. *Kumar S., Patel R., Iqbal N., Gubareva M.* Interconnectivity among cryptocurrencies, NFTs, and DeFi: Evidence from the Russia-Ukraine conflict // *North American Journal of Economics and Finance*. 2023. Vol. 68. 101983. <https://doi.org/10.1016/j.najef.2023.101983>
12. *Ullah M., Sohail H. M., Haddad H., Al-Ramahi N. M., Khan M. A.* Global Structural Shocks and FDI Dynamic Impact on Productive Capacities: An Application of CS-ARDL Estimation // *Sustainability*. 2023. Vol. 15, Issue 1. 283. <https://doi.org/10.3390/su15010283>
13. *Sohag K., Ullah M.* Response of BTC Market to Social Media Sentiment: Application of Cross-Quantilogram with Bootstrap // *Digitalization and the Future of Financial Services. Contributions to Finance and Accounting*. Edited by D. B. Vukovic, M. Maiti, E. M. Grigorieva. Springer, Cham, 2022. Pp. 103–119. https://doi.org/10.1007/978-3-031-11545-5_6
14. *Ali F., Bouri E., Naifar N., Shahzad S. J.H., AlAhmad M.* An examination of whether gold-backed Islamic cryptocurrencies are safe havens for international Islamic equity markets // *Research in International Business and Finance*. 2022. Vol. 63. 101768. <https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2022.101768>
15. *Raza S. A., Ahmed M., Aloui C.* On the asymmetrical connectedness between cryptocurrencies and foreign exchange markets: Evidence from the nonparametric quantile on quantile approach // *Research in International Business and Finance*. 2022. Vol. 61. 101627. <https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2022.101627>
16. *Bouri E., Gupta R., Vo X. V.* Jumps in Geopolitical Risk and the Cryptocurrency Market: The Singularity of Bitcoin // *Defence and Peace Economics*. 2022. Vol. 33, Issue 2. Pp. 150–161. <https://doi.org/10.1080/10242694.2020.1848285>
17. *Baur D. G., Hong K., Lee A. D.* Bitcoin: Medium of exchange or speculative assets? // *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*. 2018. Vol. 54. Pp. 177–189. <https://doi.org/10.1016/j.intfin.2017.12.004>
18. *Dyhrberg A. H.* Bitcoin, gold and the dollar — A GARCH volatility analysis // *Finance Research Letters*. 2016. Vol. 16. Pp. 85–92. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2015.10.008>
19. *Dyhrberg A. H.* Hedging capabilities of bitcoin. Is it the virtual gold? // *Finance Research Letters*. 2016. Vol. 16. Pp. 139–144. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2015.10.025>

20. Bouri E., Shahzad S. J.H., Roubaud D., Kristoufek L., Lucey B. Bitcoin, gold, and commodities as safe havens for stocks: New insight through wavelet analysis // *Quarterly Review of Economics and Finance*. 2020. Vol. 77. Pp. 156–164. <https://doi.org/10.1016/j.qref.2020.03.004>
21. Yousaf I., Plakandaras V., Bouri E., Gupta R. Hedge and safe-haven properties of FAANA against gold, US Treasury, bitcoin, and US Dollar/CHF during the pandemic period // *North American Journal of Economics and Finance*. 2023. Vol. 64. 101844. <https://doi.org/10.1016/j.najef.2022.101844>
22. Bouri E., Molnár P., Azzi G., Roubaud D., Hagfors L. I. On the hedge and safe haven properties of Bitcoin: Is it really more than a diversifier? // *Finance Research Letters*. 2017. Vol. 20. Pp. 192–198. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2016.09.025>
23. Khan S., Ullah M., Shahzad M. R., Khan U. A., Khan U., Eldin S. M., Alotaibi A. M. Spillover Connectedness among Global Uncertainties and Sectorial Indices of Pakistan: Evidence from Quantile Connectedness Approach // *Sustainability*. 2022. Vol. 14, Issue 23. 15908. <https://doi.org/10.3390/su142315908>
24. Koutmos D. Return and volatility spillovers among cryptocurrencies // *Economics Letters*. 2018. Vol. 173. Pp. 122–127. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2018.10.004>
25. Abubakr Naeem M., Iqbal N., Lucey B. R., Karim K. Good versus bad information transmission in the cryptocurrency market: Evidence from high-frequency data // *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*. 2022. Vol. 81. 101695. <https://doi.org/10.1016/j.intfin.2022.101695>
26. Yousaf I., Jareño F., Martínez-Serna M.-I. Extreme spillovers between insurance tokens and insurance stocks: Evidence from the quantile connectedness approach // *Journal of Behavioral and Experimental Finance*. 2023. Vol. 39. 100823. <https://doi.org/10.1016/j.jbef.2023.100823>
27. Hassan M. K., Hasan M. B., Halim, Z.A., Maroney N., Rashid M. D. Exploring the dynamic spillover of cryptocurrency environmental attention across the commodities, green bonds, and environment-related stocks // *North American Journal of Economics and Finance*. 2022. Vol. 61. 101700. <https://doi.org/10.1016/j.najef.2022.101700>
28. Elsayed A. H., Sousa R. M. International monetary policy and cryptocurrency markets: dynamic and spillover effects // *European Journal of Finance*. 2022. Pp. 1–21. <https://doi.org/10.1080/1351847X.2022.2068375>
29. Wang G.-J., Xie C., Wen D., Zhao L. When Bitcoin meets economic policy uncertainty (EPU): Measuring risk spillover effect from EPU to Bitcoin // *Finance Research Letters*. 2019. Vol. 31. S1544612318305749. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2018.12.028>
30. Kristoufek L. Will Bitcoin ever become less volatile? // *Finance Research Letters*. 2023. Vol. 51. 103353. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2022.103353>
31. Katsiampa P. Volatility estimation for Bitcoin: A comparison of GARCH models // *Economics Letters*. 2017. Vol. 158. Pp. 3–6. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2017.06.023>
32. Beraich M., Amzile K., Laamire J., Zirari O., Fadali M. A. Volatility Spillover Effects of the US, European and Chinese Financial Markets in the Context of the Russia–Ukraine Conflict // *International Journal of Financial Studies*. 2022. Vol. 10, Issue 4. 95. <https://doi.org/10.3390/ijfs10040095>
33. Ali F., Jiang Y., Sensoy A. Downside risk in Dow Jones Islamic equity indices: Precious metals and portfolio diversification before and after the COVID-19 bear market // *Research in International Business and Finance*. 2021. Vol. 58. 101502. <https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2021.101502>
34. Conlon T., McGee R. Safe haven or risky hazard? Bitcoin during the Covid-19 bear market // *Finance Research Letters*. 2020. Vol. 35. 101607. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2020.101607>
35. Taera E. G., Setiawan B., Saleem A., Wahyuni A. S., Chang D. K.S., Nathan R. J., Lakner Z. The impact of Covid-19 and Russia–Ukraine war on the financial asset volatility: Evidence from equity, cryptocurrency and alternative assets // *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*. 2023. Vol. 9, Issue 3. 100116. <https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2023.100116>

36. Markowitz H. Portfolio Selection // Journal of Finance. 1952. Vol. 7, Issue 1. Pp. 77–91. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1952.tb01525.x>
37. Bardou O., Frikha N., Pages G. Computation of VaR and CVaR using stochastic approximations and unconstrained importance sampling // Monte Carlo Methods and Applications. 2009. Vol. 15, Issue 3. Pp. 173–210. <https://doi.org/10.1515/MCMA.2009.011>
38. Diebold F. X., Yilmaz K. Better to give than to receive: Predictive directional measurement of volatility spillovers // International Journal of Forecasting. 2012. Vol. 28, Issue 1. Pp. 57–66. <https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2011.02.006>
39. Glosten L. R., Jagannathan R., Runkle D. E. On the Relation between the Expected Value and the Volatility of the Nominal Excess Return on Stocks // Journal of Finance. 1993. Vol. 48, Issue 5. Pp. 1779–1801. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1993.tb05128.x>
40. Lai T. L., Xing H. Stochastic change-point ARX-GARCH models and their applications to econometric time series // Statistica Sinica. 2013. Vol. 23, No. 4. Pp. 1573–1594. <http://dx.doi.org/10.5705/ss.2012.224s>
41. Engle R. F., Ng V. K. Measuring and Testing the Impact of News on Volatility // Journal of Finance. 1993. Vol. 48, Issue 5. Pp. 1749–1778. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1993.tb05127.x>
42. Raza S. A., Shah N., Guesmi K., Msolli B. How does COVID-19 influence dynamic spillover connectedness between cryptocurrencies? Evidence from non-parametric causality-in-quantiles techniques // Finance Research Letters. 2022. Vol. 47. 102569. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2021.102569>
43. Kristoufek L., Bouri E. Exploring sources of statistical arbitrage opportunities among Bitcoin exchanges // Finance Research Letters. 2023. Vol. 51. 103332. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2022.103332>

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Улла Мирзат

Аспирант кафедры экономики, инженер-исследователь лаборатории международной и региональной экономики Института экономики и управления Уральского федерального университета имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия (620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19); ORCID <https://orcid.org/0000-0003-1517-0611> e-mail: mirzat.ullakh@urfu.ru

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ

Улла М. Динамическая связь между криптовалютами и обычными финансовыми активами: новые выводы с российского финансового рынка // Journal of Applied Economic Research. 2024. Т. 23, № 1. С. 110–135. <https://doi.org/10.15826/vestnik.2024.23.1.005>

ИНФОРМАЦИЯ О СТАТЬЕ

Дата поступления 23 ноября 2023 г.; дата поступления после рецензирования 19 декабря 2023 г.; дата принятия к печати 8 января 2024 г.



Анализ долгосрочных и краткосрочных взаимосвязей между электропотреблением и экономическим ростом в промышленно развитых регионах России

М. Б. Петров , Л. А. Серков  

Институт экономики Уральского отделения РАН,
г. Екатеринбург, Россия

 serkov.la@uiec.ru

Аннотация. Целью исследования является выявление причинно-следственных долгосрочных и краткосрочных взаимосвязей между промышленным электропотреблением и экономическим ростом путем сравнительного анализа двух соседних регионов с примерно одинаковым промышленным потенциалом — Свердловской и Челябинской областей. Для решения данной задачи используется эконометрический подход, основанный на методе тестирования границ моделей авторегрессии и распределенного лага (ARDL), определяющий наличие коинтеграции между рядами. Применение этого метода является незаменимым при исследовании региональных проблем ввиду недостаточной длины временных рядов экономических показателей региона. В качестве показателей при сравнительном анализе использовались временные ряды промышленного электропотребления, темпа экономического роста, объема промышленного производства, среднедушевого дохода и среднегодовой численности занятых. При анализе данных было выявлено, что существенными коинтегрированными переменными для Свердловской области являются темп экономического роста и электропотребление. Для Челябинской области этими переменными являются объем промышленного производства, электропотребление и среднегодовая численность занятых. Таким образом электропотребление Свердловской области в долгосрочном периоде не зависит от объема промышленного производства и численности занятых, а зависит лишь от темпов экономического роста. В Челябинской области, соответственно, в долгосрочном периоде электропотребление зависит от объема промышленного производства, численности занятых и не зависит от темпов роста. Схожие, на первый взгляд, по промышленному потенциалу регионы отличаются причинно-следственными связями между экономическим ростом и промышленным электропотреблением. Применение тестов на причинность позволило выявить долгосрочные и краткосрочные причинно-следственные взаимосвязи между переменными. Полученные результаты иллюстрируют объясняющие и прогностические возможности эконометрического подхода в контексте анализа причинно-следственных отношений в экономике двух соседних областей и ее энергетической системы. Эти результаты могут иметь важное значение при анализе электропотребления и энергосбережения в промышленном секторе экономики этих областей.

Ключевые слова: тестирование границ; коинтеграция; модель коррекции ошибок; тест причинности; электропотребление; экономический рост.

1. Введение

Энергия играет уникальную роль в экономике, так как она является одновременно конечным товаром для

конечных пользователей и вкладом в производственные процессы многих предприятий. Кроме того, энергия является незаменимым звеном в цепочке

поставок. Решения, которые промышленные предприятия и домашние хозяйства должны принимать в отношении использования энергии, зависят от краткосрочных изменений в экономической деятельности, а также долгосрочных тенденций, и имеют последствия для них. По этой причине значительное внимание в целом ряде публикаций уделяется оценке взаимосвязи между потреблением энергии и экономическим ростом.

Моделирование взаимосвязи между потреблением энергии и экономическим ростом является важной и всегда интересной областью исследований. Большое количество исследований проведено в контексте связи между потреблением энергии и экономическим ростом путем изучения долгосрочных и краткосрочных динамических взаимосвязей, а также установления причинно-следственных связей (даже с помощью моделей эндогенного роста). Исследования проводились на территории развитых, развивающихся и новых индустриальных стран.

Таким образом, существующая литература констатирует, что потребление угля, бензина, тепловой энергии, нефти, природного газа и электроэнергии имеет прямое влияние на экономическое развитие стран в целом и каждого сегмента экономики в частности. Как указывают различные исследования [1, 2], потребление энергии является фундаментальным и незаменимым фактором производства. Используя этот инструмент, страна может увеличить производство товаров и услуг, тем самым увеличивая доходы и экономический рост.

Особую роль в промышленном энергопотреблении играет электроэнергетика, определяющая характер пространственного развития территорий. Следует отметить, что за последние 10 лет суммарное электропотребление,

по данным Росстата¹, выросло незначительно, примерно на 10 %. Причем основной рост наблюдался и продолжается в постковидный период, и при этом более 60 % использования электроэнергии приходится именно на реальный сектор экономики.

Электроэнергетика определяет характер пространственного регионального развития. Поэтому представляет интерес анализ взаимосвязи между региональным промышленным электропотреблением и экономическим ростом путем изучения долгосрочных и краткосрочных динамических зависимостей, а также установления причинно-следственных связей между этими переменными.

Целью исследования является выявление причинно-следственных долгосрочных и краткосрочных взаимосвязей между промышленным электропотреблением и экономическим ростом путем сравнительного анализа двух соседних регионов с примерно одинаковым промышленным потенциалом — Свердловской и Челябинской областей.

Как будет показано ниже, связь между электропотреблением и экономическим ростом очень чувствительна к региональным различиям: уровням доходов населения областей, темпам урбанизации, относительной доли сектора услуг и так далее. Таким образом, несмотря на схожий промышленный потенциал этих двух областей, анализируемая причинно-следственная связь между Свердловской и Челябинской областями может различаться.

Рабочей гипотезой исследования является доказательство различий в причинно-следственных связях между электропотреблением и экономическим ростом в Свердловской и Челябинской

¹ Росстат России. URL: https://rosstat.gov.ru/enterprise_industrial

области ввиду некоторого различия в описанных выше региональных факторах.

2. Обзор литературы

Вывод об отсутствии причинно-следственной связи между потреблением энергии и экономической динамикой можно встретить в работах [3, 4]. Однако широкого распространения эта гипотеза не получила, скорее породив в научном сообществе дискуссию о выборе эконометрических методов.

Druzhinin et al. [5], а также Григорьев и Курдин [6] подтверждают высокую зависимость электропотребления в России от динамики ВВП.

Куренкова и Любимова [7] показывают, что в некоторых регионах эластичность электропотребления по показателям экономического роста может быть значительно выше единицы.

Kraft & Kraft [8] выявили однонаправленную причинно-следственную связь, предполагающую влияние экономического роста на потребление энергии.

В более поздних исследованиях авторы отмечают, что на характер связи оказывают влияние различные факторы, например уровень экономического развития.

Sadorsky [9] обосновал, что однопроцентный рост реального среднедушевого дохода в долгосрочной перспективе увеличивает потребление возобновляемой энергии на душу населения в странах с развивающейся экономикой примерно на 3,5 %.

Adhikari & Chen [10] обнаружили сильную связь между потреблением энергии и экономическим ростом для стран с доходом выше среднего и стран с доходом ниже среднего, а также сильная связь, которая простирается от экономического роста к потреблению энергии для стран с низким доходом. Эти результаты ясно показывают, что по-

требление энергии оказало положительное и статистически значимое влияние на экономический рост в долгосрочной перспективе в этих странах.

Karanfil [11] подчеркивает, что связь между ростом электропотребления и экономическим ростом очень чувствительна к региональным различиям, уровням доходов стран, темпам урбанизации и объему поставок электроэнергии.

Kilinc-Ata [12] обосновывает преимущество государственной политики, поощряющей использование возобновляемых источников энергии путем создания рынков возобновляемой энергии, чтобы не только повысить безопасность и экологические проблемы, но и обеспечить стабильный экономический рост.

Apergis & Payne [13] исследуют взаимосвязь между потреблением электроэнергии и экономическим ростом для 88 стран, разделенных на четыре панели на основе классификации доходов Всемирного банка. Результаты панельных векторных моделей коррекции ошибок показывают двунаправленную причинно-следственную связь между потреблением электроэнергии и экономическим ростом как в краткосрочной, так и в долгосрочной перспективе для панелей стран с высоким доходом и доходом выше среднего. Для панели стран с доходом ниже среднего обнаружена двунаправленная причинно-следственная связь в долгосрочной перспективе и однонаправленная причинно-следственная связь от потребления электроэнергии к экономическому росту в краткосрочной перспективе.

Ряд ученых провели исследование на примере отдельной страны, чтобы найти причинную связь между потреблением энергии и экономическим ростом.

Azlina et al. [14] рассматривают динамическую взаимосвязь между доходом, потреблением энергии и выбросами углекислого газа (CO_2) в Малайзии с ис-

пользованием данных временных рядов в период с 1975 по 2011 г. Результаты теста на причинно-следственную связь по Грейнджеру показывают, что связь между объемом ВВП и выбросами CO_2 однонаправленная.

Paune [15] использует годовые данные США за период с 1949 по 2006 г. для сравнения причинно-следственной связи между потреблением возобновляемой и невозобновляемой энергии и реальным ВВП соответственно. Учитывая размер выборки исследования, тесты причинности Тода — Ямамото показывают отсутствие причинно-следственной связи между потреблением возобновляемой или невозобновляемой энергии и реальным ВВП, что подтверждает гипотезу нейтральности.

Paune [16] анализирует различные гипотезы, связанные с причинно-следственной связью между потреблением электроэнергии и экономическим ростом и приводит подробный обзор эмпирической литературы, связанный с проведением опросов. Результаты по конкретным опрошенным странам показывают, что 31,15 % из них поддержали гипотезу нейтральности.

Wang et al. [17] обнаружена причинно-следственная связь, связанная с потреблением энергии и ростом экономики в Китае. При этом использовался относительно новый метод многомерной коинтеграции.

Ohlan [18] анализирует влияние использования возобновляемых и невозобновляемых источников энергии на экономический рост в Индии в рамках структуры потребления энергии и роста за период 1971–2012 гг. с использованием многомерной модели, в которой открытость торговли и финансовое развитие включены в качестве дополнительных переменных. Эмпирические данные подтверждают существование долгосрочных равновесных отношений

между конкурирующими переменными. Результаты показывают, что потребление невозобновляемых источников энергии в долгосрочной перспективе оказывает существенное положительное влияние на экономический рост Индии.

Caraiani et al. [19] исследуют причинно-следственные связи между потреблением энергии и ВВП в контексте развивающихся европейских стран, охватывающие период 1980–2013 гг. Эмпирическое исследование показывает неоднозначные результаты. Существует баланс в подтверждении гипотез сохранения, роста и нейтральности.

В развитых странах было предпринято довольно значительное количество эмпирических исследований для демонстрации связи между потреблением энергии и экономическим ростом.

Belke et al. [20] рассматривают долгосрочную взаимосвязь между потреблением энергии и реальным ВВП, включая цены на энергоносители, для 25 стран ОЭСР с 1981 по 2007 г. Полученные результаты показали, что потребление энергии неэластично по цене. Тесты на причинно-следственную связь указали на наличие двунаправленной причинно-следственной связи между потреблением энергии и экономическим ростом.

Magazzino [21] анализирует взаимосвязь между экономическим ростом, использованием энергии и выбросами углекислого газа (CO_2) в Израиле за период 1971–2006 гг. Результаты причинно-следственной связи показывают, что реальный валовой внутренний продукт (ВВП) влияет как на потребление энергии, так и на выбросы CO_2 . Разложение дисперсии ошибок прогноза свидетельствует о том, что ошибки реального ВВП на душу населения в основном связаны с неопределенностью самого ВВП, тогда как ошибки в прогнозировании энергопотребления и вы-

бросов CO₂ чувствительны к нарушениям в двух других уравнениях.

Narayan & Smyth [22] для стран Большой семерки обнаружили, что односторонняя причинно-следственная связь существовала в период с 1972 по 2002 г. между потреблением энергии и ростом валового внутреннего продукта (ВВП).

Apergis & Payne [23] провели комплексное исследование на показателях шести стран Центральной Америки за период с 1971 по 2004 г. Авторы пришли к выводу, что ощутимая однонаправленная причинно-следственная связь существует между потреблением энергии и реальным объемом производства.

Mohammad & Parvaresh [24] доказали существование как долгосрочной, так и краткосрочной динамики между потреблением энергии и производством в 14 странах — экспортерах нефти. Их результат подтвердил наличие причинно-следственной связи между потреблением энергии и экономическим ростом за период исследования с 1980 по 2007 г.

Ряд публикаций посвящен влиянию электропотребления в обрабатывающей промышленности на объем производства или на валовой внутренний продукт (ВВП).

Ugwoke et al. [25] рассматривают влияние потребления электроэнергии на объем производства в Нигерии с 1980 по 2021 г. Были проведены различные диагностические тесты, включающие описательную статистику, корреляцию, тест на единичный корень. Процедура анализа модели с распределенными лагами (ARDL) показала, что в долгосрочной перспективе труд, капитал и потребление электроэнергии являются единственными переменными, определяющими объем производства в Нигерии. Кроме того, в краткосроч-

ной перспективе переменными, определяющими выпуск продукции в обрабатывающей промышленности, являются потребление электроэнергии, труд, валовое накопление основного капитала и производство электроэнергии.

Разнообразие гипотез и противоречивость результатов эмпирических исследований объясняются сложностью и многогранностью факторов, влияющих на динамику электропотребления и экономической рост.

Среди основных факторов можно выделить уровень развития экономики исследуемого региона и качество жизни его населения, географическое положение, темпы инвестиционной деятельности, общая энергоемкость производств, характер проводимой экономической политики, острота экологических проблем.

Именно поэтому схожие, на первый взгляд, по промышленному потенциалу страны и регионы могут отличаться причинно-следственными связями между экономическим ростом и промышленным электропотреблением. Именно подобное различие рассмотрено в предлагаемой работе на примере Свердловской и Челябинской областей.

3. Метод и данные исследования

Для выявления причинно-следственных долгосрочных и краткосрочных взаимосвязей между промышленным электропотреблением и экономическим ростом в Свердловской и Челябинской областях используется эконометрический подход, основанный на использовании моделей авторегрессии и распределенного лага (ARDL), предложенный Pesaran et al. [26].

Основное достоинство этого метода, называемого методом тестирования границ (*Bounds testing approaches*), заключается в том, что этот подход, опреде-

ляющий наличие коинтеграции между рядами, можно применять к временным рядам независимо от того, являются ли они стационарными (интегрированность нулевого порядка $I(0)$), нестационарными (интегрированность первого порядка $I(1)$) или взаимно коинтегрированными.

Дело в том, что все ранее применяемые методы в предыдущих исследованиях в основном были сосредоточены на случаях, когда основные переменные являлись интегрированными переменными первого порядка. Выявление данного вида нестационарности временных рядов проводится с использованием тестов на наличие в рядах единичного корня. При исследовании региональных временных рядов данные тесты обладают малой мощностью ввиду того, что эти ряды, как правило, очень короткие из-за отсутствия квартальных региональных показателей. Поэтому использование метода тестирования границ является незаменимым именно при исследовании региональных проблем.

Предлагаемый тест базируется на стандартных методах статистической проверки гипотез, основанных на распределении Фишера и Стьюдента и используемых для проверки значимости лагированных уровней переменных в од-

номерном равновесном механизме коррекции.

Имеется два набора асимптотических критических значений: один, когда все регрессоры являются чисто нестационарными $I(1)$, и другой, если все они чисто стационарные $I(0)$. Эти два набора критических значений образуют диапазон, охватывающий все возможные классификации регрессоров на чисто стационарные $I(0)$, чисто нестационарные $I(1)$ или взаимно коинтегрированные. Соответственно, предлагаются различные процедуры проверки границ этого диапазона.

Исследование причинности между исследуемыми показателями в краткосрочном периоде анализировалось с помощью стандартного теста Грейнджера. Выявление долгосрочной причинности проводилось посредством теста Toda & Yamamoto [27].

Анализируемые показатели (табл. 1) получены на официальном сайте Росстата. Исследовались временные ряды годовых данных за период с 2000 по 2020 г. для Свердловской и Челябинской областей. Использование годовых данных обусловлено отсутствием официальной квартальной статистики для исследуемых показателей.

Таблица 1. Перечень показателей, используемых для сравнительного анализа для Свердловской и Челябинской областей

Table 1. List of indicators used for comparative analysis for the Sverdlovsk and Chelyabinsk regions

Показатель	Обозначение
Объем промышленного производства, млн. руб.	pr_pr
Темп экономического роста, %	lrost
Среднегодовые денежные доходы на душу населения, тыс. руб.	dox
Среднегодовая численность занятых, тыс. чел.	Zan
Потребление электроэнергии в промышленности, тыс. кВт-час	elektr

Источник: составлено авторами.

Анализ описательной статистики временных рядов показал достаточно большие стандартные отклонения переменных. Поэтому временные ряды показателей преобразовывались в естественную логарифмическую форму (с помощью натурального логарифма). Денежные доходы на душу населения и объем промышленного производства рассчитывались в постоянных ценах 2000 г. Темп экономического роста определялся как темп роста реального валового регионального продукта (ВРП).

4. Результаты исследования

Для выбора соответствующих спецификаций эконометрических моделей долгосрочной зависимости промышленного электропотребления от соответствующих регрессоров необходимо провести корреляционный анализ исследуемых переменных для сравниваемых регионов.

В табл. 2 и 3 приведены матрицы корреляций между исследуемыми переменными для Свердловской и Челябинской областей.

Таблица 2. Матрица корреляций между анализируемыми переменными Свердловской области

Table 2. Matrix of correlations between the analyzed variables of the Sverdlovsk region

	elektr	lrost	zan	dox	pr_pr
elektr	1.0000				
lrost	0.6945	1.0000			
zan	0.1228	-0.0366	1.0000		
dox	-0.2993	-0.1979	0.5215	1.0000	
pr_pr	-0.0881	-0.0745	0.2500	0.8170	1.0000

Источник: составлено авторами.

Таблица 3. Матрица корреляций между анализируемыми переменными Челябинской области

Table 3. Correlation matrix between analyzed variables Chelyabinsk region

	elektr	lrost	zan	dox	pr_pr
elektr	1.0000				
lrost	-0.0845	1.0000			
zan	0.9030	-0.2041	1.0000		
dox	0.7393	-0.3467	0.7948	1.0000	
pr_pr	0.8666	-0.0306	0.4771	0.7081	1.0000

Источник: составлено авторами.

Анализ таблиц показывает достаточно сильную корреляцию между электропотреблением и темпом экономического роста и очень слабую корреляцию между электропотреблением, объемом промышленного производства, численностью занятых и среднедушевым денежным доходом населения в Свердловской области. Напротив, для Челябинской области наблюдается сильная корреляция между электропотреблением, объемом промышленного производства, численностью занятых и среднедушевым денежным доходом населения.

Исходя из тестов на мультиколлинеарность, автокорреляцию остатков и гетероскедастичность, выбраны соответствующие спецификации эконометрических моделей долгосрочной зависимости промышленного электропотребления от соответствующих регрессоров. Особенно важен в контексте использования ARDL-моделей тест на автокорреляцию остатков, так как среди регрессоров присутствуют лаги зависимой переменной. При наличии автокорреляции остатков это приводит к несостоятельным оценкам параметров вследствие эндогенности.

Для Свердловской области уравнение модели долгосрочной зависимости выглядит следующим образом:

$$elektr_t = const + \beta_1 lrost_t + \varepsilon_t, \quad (1)$$

где остатки ε_t нормальны и удовлетворяют условиям классической линейной регрессии.

Для Челябинской области аналогичное уравнение модели долгосрочной зависимости записывается в виде:

$$elektr_t = const_1 + \alpha_1 pr_pr_t + \alpha_2 zan_t + \varepsilon_t^1. \quad (2)$$

Для перехода от уравнений (1) и (2) к уравнениям соответствующих ARDL-

моделей необходимо определить длину лага регрессоров. Длина лага регрессоров оценивалась с помощью стандартных общепринятых информационных критериев Akaike (AIC) и Schwartz Bayesian Criteria (SBC). В результате для Свердловской области выбрана модель ARDL (1,1) (уравнение 3), а для Челябинской области — модель ARDL(2,2,2) (уравнение 4).

$$elektr_t = const_2 + \gamma_1 elektr_{t-1} + \delta_2 \sum_{i=0}^1 lrost_{t-i} + \varepsilon_t^2, \quad (3)$$

$$elektr_t = const_3 + \gamma_2 \sum_{i=1}^2 elektr_{t-i} + \delta_3 \sum_{i=0}^2 pr_pr_{t-i} + \delta_4 \sum_{i=0}^2 zan_{t-i} + \varepsilon_t^3. \quad (4)$$

После выбора соответствующих спецификаций для ARDL-моделей двух областей применялся эконометрический подход, основанный на методе тестирования границ моделей авторегрессии и распределенного лага (ARDL), определяющий наличие коинтеграции между исследуемыми временными рядами (уравнения (1) и (2)).

Соответствующая F -статистика коинтеграционного анализа (табл. 4) находится выше верхней критической границы, следовательно, нулевая гипотеза об отсутствии коинтеграции отвергается.

Таблица 4. Результаты граничного теста Pesaran [26]

Table 4. Pesaran boundary test results [26]

Область	Свердловская	Челябинская
F -статистика	13,23***	14,34***

Примечание: *** соответствует уровню значимости 0,01.

Источник: составлено авторами.

Таким образом между временными рядами в уравнениях (1) и (2) существует коинтеграция, то есть долгосрочная взаимосвязь. Важным фактом является также то, что в оценках обоих уравнений (3) и (4) отсутствует автокорреляция остатков, что подтверждено посредством тестов Дарбина — Уотсона и Бойша — Годфри. Тестирование оценок этих уравнений на наличие гетероскедастичности с помощью теста Уайта также показало ее отсутствие.

Наличие обнаруженной коинтеграции позволяет конвертировать уравнения (3), (4) в уравнения модели коррекции ошибок (ЕСМ), позволяющие оценить краткосрочные и долгосрочные эффекты между переменными [28, 29]. Для Свердловской области модель ЕСМ имеет вид:

$$\Delta elektr_t = const_2 + \delta_2 \Delta lrost_t + \lambda EC_{t-1} + \varepsilon_t^2, \quad (5)$$

а для Челябинской области аналогичная модель выглядит так:

$$\Delta elektr_t = const_3 + \gamma_2 \Delta elektr_{t-1} + \delta_3 \sum_{i=0}^1 pr_pr_{t-i} + \delta_4 \sum_{i=0}^1 zan_{t-i} + \lambda_1 EC_{t-1} + \varepsilon_t^3. \quad (6)$$

В уравнениях (5), (6) оператор Δ характеризует разность переменных первого порядка, параметры λ, λ_1 характеризуют скорость коррекции зависимой переменной к долгосрочному равновесному состоянию. Чем больше эти параметры, тем сильнее отклик зависимой переменной (в данном случае электропотребления) на отклонение от долгосрочного равновесия в предыдущем периоде. Эти параметры ожидаются значимыми и отрицательными.

Переменная EC_{t-1} характеризует долгосрочное равновесное состояние для Свердловской области: $EC_{t-1} = elektr_{t-1} - const - \beta lrost_{t-1}$. Соответственно, EC_{t-1}^1 характеризует долгосрочное равновесное состояние для Челябинской области: $EC_{t-1}^1 = elektr_{t-1} - const_1 - \alpha_1 pr_pr_{t-1} - \alpha_2 zan_{t-1}$.

Результаты оценки параметров уравнения коррекции ошибок (ЕСМ) методом максимального правдоподобия для Свердловской области приведены в табл. 5.

Результаты оценки (табл. 5) позволяют сделать вывод о наличии долгосрочной связи между темпом экономического роста и электропотреблением в Свердловской области. Уравнение долгосрочной связи записывается в виде:

$$elektr_t = 7.368 + 1.303 lrost_t + \varepsilon_t. \quad (7)$$

Таблица 5. Результаты оценки параметров уравнения коррекции ошибок (5) для Свердловской области

Table 5. Results of estimating the parameters of the error correction equation (5) for the Sverdlovsk region

D.elektr	Coef.	Std. Err.	t	$P> t $	[95 % Conf.	Interval]
ADJ						
elektr						
L1.	-0.4061	0.1304	-3.1100	0.007	-0.6827	-0.1295
LR						
lrost						

Окончание табл. 5

D.elektr	Coef.	Std. Err.	t	$P> t $	[95 % Conf.	Interval]
L1.	1.3033	0.4428	2.9400	0.010	0.3645	2.2421
_cons	7.3680	0.0208	354.19	0.000	7.3239	7.4121
SR						
Iroot						
D1.	0.2900	0.0776	3.73	0.002	0.1254	0.4546

Источник: составлено авторами.

Таким образом, в долгосрочном периоде увеличение темпов роста экономики Свердловской области на 1 % должно увеличивать промышленное электропотребление на 1,3 %. Параметр λ , характеризующий скорость коррекции электропотребления к долгосрочному равновесному состоянию, отрицателен и равен $-0,406$. Параметр δ_2 в уравнении (5), характеризующий краткосрочную связь между изменением темпа роста в текущем периоде и изменением электропотребления в этом же периоде, равен $0,29$. Все параметры являются существенными при уровне значимости $0,01$.

Механизм коррекции ошибок на примере модели Свердловской области выглядит следующим образом. Исходя из уравнения (7), при допуще-

нии повышения темпа экономического роста в момент времени $(t - 1)$ на 1 %, а электропотребления в промышленном секторе более чем на 1,303 % возникает положительный шок.

Согласно уравнению (5) модели коррекции ошибок переменная электропотребление подвергается корректировке в нужном направлении со скоростью, характеризуемой коэффициентом корректировки $\lambda = 0,406$ перед коинтеграционным соотношением в модели EC_{t-1} . При этом чем больше значение этого коэффициента, тем больше скорость корректировки. В результате механизма коррекции положительный шок будет скорректирован.

Результаты оценки параметров уравнения коррекции ошибок (6) для Челябинской области приведены в табл. 6.

Таблица 6. Результаты оценки параметров уравнения коррекции ошибок (6) для Челябинской области

Table 6. Results of estimating the parameters of the equation error correction (6) for the Chelyabinsk region

D.lelektr	Coef.	Std. Err.	t	$P> t $	[95 % Conf.	Interval]
ADJ						
lelektr						
L1.	-1.0020	0.2068	-4.84	0.001	-1.4629	-0.5411
LR						

Окончание табл. 6

D.lelektr	Coef.	Std. Err.	t	$P> t $	[95 % Conf.	Interval]
pr_pr_def						
L1.	0.1549	0.0688	2.25	0.048	0.0014	0.3084
zan						
L1.	1.4505	0.3056	4.75	0.001	0.7695	2.1314
_cons	1.8464	0.7288	2.53	0.030	0.2225	3.4704
SR						
lelektr						
LD.	0.7246	0.2231	3.25	0.009	0.2274	1.2218
pr_pr_def						
D1.	0.1222	0.0725	1.68	0.123	-0.0394	0.2838
LD.	-0.1995	0.0773	-2.58	0.027	-0.3718	-0.0272
zan						
D1.	0.8626	0.4702	1.83	0.096	-0.1852	1.9104
LD.	-0.8887	0.5835	-1.52	0.159	-2.1889	0.4115

Источник: составлено авторами.

Параметр λ_1 , характеризующий скорость коррекции электропотребления к долгосрочному равновесному состоянию, отрицателен и равен $-1,002$, то есть скорость коррекции для Челябинской области превышает аналогичный показатель для Свердловской области. Уравнение долгосрочной связи для Челябинской области записывается в виде:

$$\begin{aligned} elektr_t = & 1.84 + 0.155 pr_pr_t + \\ & + 1.45 zan_t + \varepsilon_t^1. \end{aligned} \quad (8)$$

Все параметры в этом уравнении являются существенными при уровне значимости 0,05. Из анализа уравнения (8)

следует, что влияние занятости на электропотребление намного превышает влияние объема промышленного производства.

В краткосрочном плане изменение электропотребления в текущем периоде зависит от аналогичного изменения в предыдущем периоде (при уровне значимости 0,01), от изменения объема производства (при уровне значимости 0,05) также в предыдущем периоде и от численности занятых (при уровне значимости 0,1) в текущем периоде. Изменение объема производства в текущем периоде и численности занятых в предыдущем периоде не влияет на изменение электропотребления в текущем периоде.

Как уже отмечалось выше, особенно важен для моделей ARDL и коррекции ошибок тест на автокорреляцию остатков. В табл. 7 приведены результаты тестов Breusch — Godfrey [30, 31] на автокорреляцию остатков для двух исследуемых регионов. Результаты тестов свидетельствуют об отсутствии автокорреляции для максимального порядка лага, равным единице и двум (для Челябинской области). Аналогично результаты тестов Уайта [32] свидетельствуют об отсутствии гетероскедастичности остатков.

Проверка стабильности оцененных коэффициентов уравнений долгосрочной связи (7) — (8) рассматриваемых моделей проводилась с помощью теста CUSUM (кумулятивная сумма квадратов рекурсивных остатков). При этом если кумулятивная сумма квадратов остатков находится вне площади, ограниченной двумя критическими линиями, соответствующими 5 %-му уровню значимости, то оцениваемые параметры являются нестабильными.

Результаты теста для уравнений модели (7) — (8) приведены на рис. 1 и 2. Они свидетельствуют о стабильности

оцененных коэффициентов уравнений долгосрочной связи для Свердловской и Челябинской областей.

С помощью теста Грейнджера [33] установлено, что в краткосрочном периоде между изменением темпов экономического роста и изменением электропотребления в один и тот же момент времени для Свердловской области существует двухсторонняя взаимосвязь. Для Челябинской области между переменными $\Delta elektr_{t-1}$, Δpr_pr_t , Δpr_pr_{t-1} , Δzan_t , Δzan_{t-1} и изменением электропотребления в текущий период $\Delta elektr_t$ существует односторонняя связь.

Тест Тока — Ямамото показал, что для Свердловской области между электропотреблением и темпами экономического роста существует в долгосрочном периоде двухсторонняя связь (при уровне значимости 0,1). Для Челябинской области между объемом промышленного производства, численностью занятости (причина) и электропотреблением (следствие) существует односторонняя связь.

Полученные результаты причинно-следственных связей между исследуемыми переменными приведены в табл. 8.

Таблица 7. Результаты тестов Breusch — Godfrey на автокорреляцию остатков для Свердловской и Челябинской области

Table 7. Results of Breusch-Godfrey tests for autocorrelation of residuals for the Sverdlovsk and Chelyabinsk regions

Тест множителей Лагранжа на автокорреляцию остатков: H0: отсутствие автокорреляции							
Свердловская область				Челябинская область			
Число лагов	Статистика	Число степеней свободы	Значимость	Число лагов	Статистика	Число степеней свободы	Значимость
lags(p)	chi2	df	Prob>chi2	lags(p)	chi2	df	Prob>chi2
1	0.023	1	0.879	1	0.564	1	0.453
				2	0.626	2	0.731

Источник: составлено авторами.

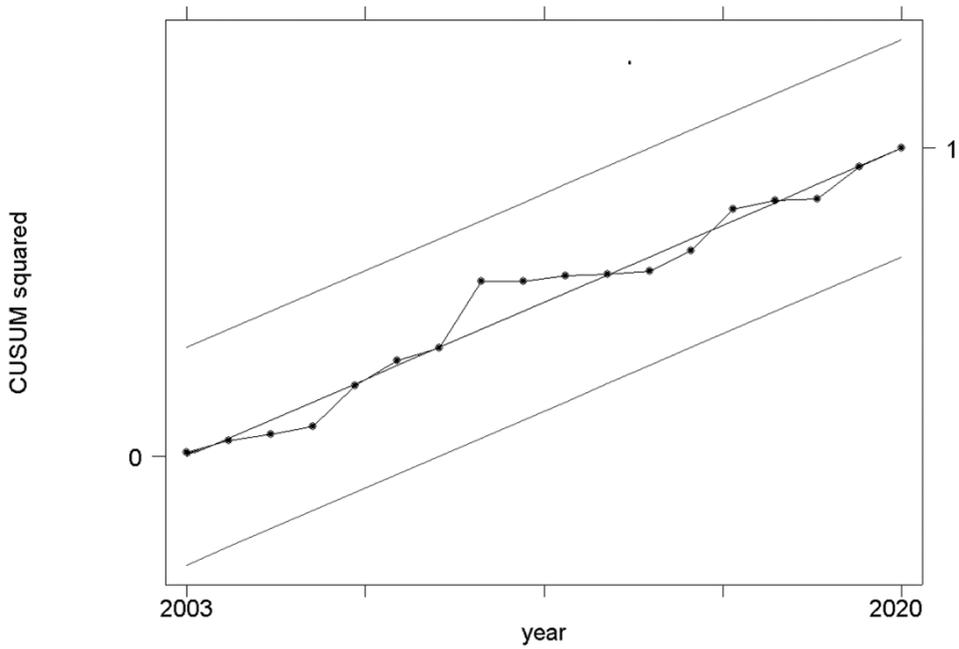


Рис. 1. Тест CUSUM на стабильность параметров модели (уравнение (7))

Figure 1. CUSUM test for stability of model parameters (Equation (7))

Источник: составлено авторами.

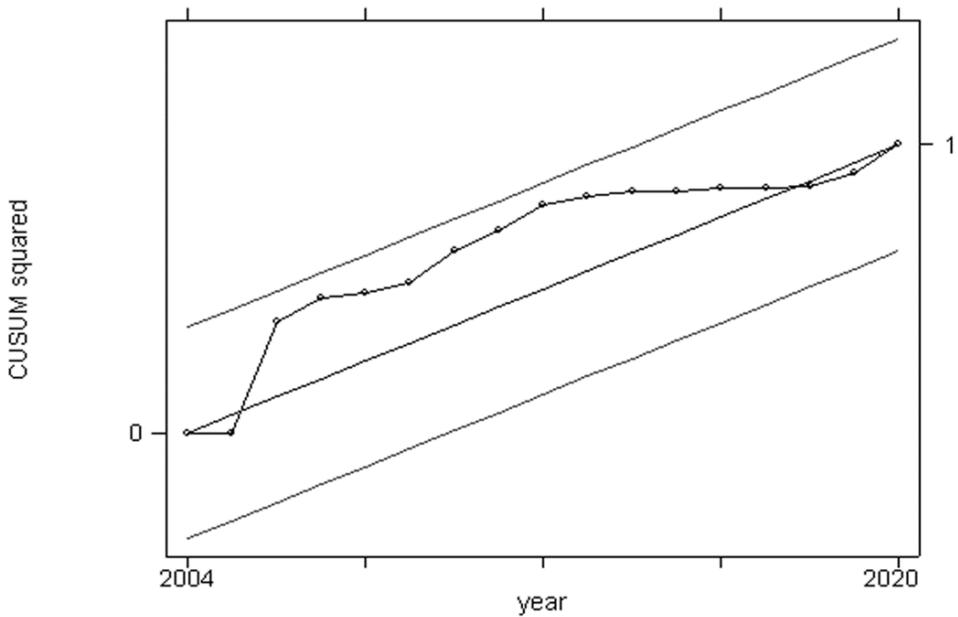


Рис. 2. Тест CUSUM на стабильность параметров модели (уравнение (8))

Figure 2. CUSUM test for stability of model parameters (Equation (8))

Источник: составлено авторами.

Таблица 8. Результаты краткосрочных и долгосрочных причинно-следственных связей для Свердловской и Челябинской областей

Table 8. Results of short-term and long-term cause-and-effect relationships for the Sverdlovsk and Chelyabinsk regions

Свердловская область		Челябинская область	
Краткосрочная зависимость	Долгосрочная зависимость	Краткосрочная зависимость	Долгосрочная зависимость
$\Delta Irost_t \leftrightarrow \Delta elektr_t$	$elektr_t \leftrightarrow Irost_t$	$\Delta elektr_{t-1} \rightarrow \Delta elektr_t$	$pr_pr_t \rightarrow elektr_t$
		$\Delta pr_pr_t \rightarrow \Delta elektr_t$	$zan_t \rightarrow elektr_t$
		$\Delta pr_pr_{t-1} \rightarrow \Delta elektr_t$	
		$\Delta zan_t \rightarrow \Delta elektr_t$	
		$\Delta zan_{t-1} \rightarrow \Delta elektr_t$	

Источник: составлено авторами.

5. Обсуждение результатов

Таким образом, рабочая гипотеза исследования о различии причинно-следственных связей между промышленным электропотреблением и экономическим ростом в Свердловской и Челябинской областях ввиду некоторого отличия региональных факторов (кроме промышленного потенциала) является доказанной.

Как уже отмечалось выше, схожие, на первый взгляд, по промышленному потенциалу регионы могут отличаться причинно-следственными связями между экономическим ростом и промышленным электропотреблением. Данное различие рассмотрено в предлагаемой статье на примере Свердловской и Челябинской областей.

Схожесть промышленного потенциала этих областей рассмотрена в работах [34, 35]. В этих публикациях доказана синхронность изменения реального ВРП, реального объема промышленного производства, реальной заработной платы и среднедушевых доходов населения рассматриваемых областей и асинхронность динамики численности занятых и стоимости основных фондов. При этом

в Челябинской области по сравнению со Свердловской численность занятых более смещена в сектор промышленного производства. Поэтому эта переменная является значимой для Челябинской области и коинтегрирована с объемом промышленного производства и электропотреблением.

Но существуют еще ненаблюдаемые переменные, такие как уровень и условия жизнедеятельности населения этих областей, географическое положение, характер проводимой экономической политики, острота экологических проблем, которые могут приводить к различию причинно-следственных связей между рассматриваемыми регионами.

Несмотря на то, что прогнозирование электропотребления — исходный пункт схемного проектирования отрасли, электроэнергетика, эконометрические зависимости электропотребления долгое время находились на периферии энергоэкономических исследований. Выпадали из поля зрения и все вопросы, связанные с технологическим прогнозированием потребности в электроэнергии.

Причины такого положения связаны, с одной стороны, с многолетним плато в динамике электропотребления и отсутствием жесткой необходимости создания надежных механизмов управления развитием отрасли — с другой. Однако обе эти причины оказываются преходящими. Они требуют внимания к себе, изучения и практических решений.

Следует также отметить, что полученный результат для Свердловской области находится в тренде с результатом, полученным в статье [5] для Российской Федерации.

Дружинин и др. [5] на основе мультипликативных двухфакторных функций показали, что с 2005 г. объем промышленного производства в России не влиял на электропотребление. Продолжавшаяся модернизация в наиболее электроемких отраслях не вела к уменьшению электропотребления. При этом ускорился рост потребления электроэнергии сектором неторгуемых товаров.

В Челябинской области также не наблюдалось снижение электропотребления в промышленном секторе, но, вероятно, этот процесс смещения потребления электроэнергии из промышленного сектора в сектор домашних хозяйств и услуг проходит более медленно по сравнению со Свердловской областью.

Тем более, по данным [35], доля промышленного производства в общем объеме добавленной стоимости регионального продукта в Челябинской области (43 %) превышает аналогичную долю в Свердловской области (37 %). В этой же статье показано, что эластичность темпов роста ВРП по темпам роста промышленного производства в Свердловской области в два раза ниже, чем в Челябинской. Наконец, по данным Росстата, доля инвестиций в промышленное производство от общего

объема инвестиций в основной капитал в Челябинской области за исследуемый период превышает в среднем аналогичный показатель в Свердловской области примерно в два раза.

Важно, что настоящее исследование подтверждает доминирование разных причинно-следственных зависимостей для смежных промышленно-развитых регионов Урала. Несмотря на то, что обе области относятся к группе индустриально развитых, они несколько отличаются по степени доминирования промышленности в экономическом развитии.

На примере этих двух регионов представленное исследование демонстрирует прогностические возможности, содержательность и целесообразность применения эконометрического моделирования при прогнозировании электропотребления путем использования в качестве регрессоров разных наборов экономических переменных для агрегатов регионов, отличающихся друг от друга типом реакции на экзогенные экономические переменные.

Следует отметить в первую очередь, что приведенное в данной статье исследование является оригинальным. Поэтому результаты, полученные в этом анализе причинно-следственных связей, не имеют аналогов.

Сравнивать между собой можно лишь результаты, полученные для субъектов со схожими региональными различиями. Как уже отмечалось выше, региональные особенности Свердловской и Челябинской областей изучались в работах [34, 35]. Но в этих исследованиях не анализировались интересующие авторов причинно-следственные связи. Поэтому сравнивать результаты, полученные в предлагаемой статье, с результатами работ [34, 35] не представляется возможным.

Авторы отдают себе отчет в том, что не все региональные факторы включены

в анализ причинно-следственных связей между исследуемыми переменными сравнимых областей. Это вызвано тем, что эти дополнительные региональные факторы приводят к отсутствию коинтеграции с основными переменными и, как следствие, к отсутствию долгосрочных причинно-следственных связей. Но авторы уверены, что отсутствие этих факторов не влияет на полученные выводы.

Полученные в данном исследовании результаты иллюстрируют объясняющие и прогностические возможности эконометрического подхода в контексте анализа причинно-следственных отношений в экономике двух соседних областей и ее энергетической системы

6. Заключение

В результате исследования выявлены причинно-следственные долгосрочные и краткосрочные взаимосвязи между промышленным электропотреблением и экономическим ростом путем сравнительного анализа двух соседних регионов с примерно одинаковым промышленным потенциалом — Свердловской и Челябинской областей.

При анализе использовался эконометрический подход, основанный на методе тестирования границ моделей авторегрессии и распределенного лага (ARDL), определяющий наличие коинтеграции между временными рядами. Применение этого метода является незаменимым при исследовании региональных проблем ввиду недостаточной длины временных рядов экономических показателей региона. В качестве показателей при сравнительном анализе использовались временные ряды объема

промышленного электропотребления, темпа экономического роста, объема промышленного производства, среднедушевого дохода и среднегодовой численности занятых.

При анализе данных было выявлено, что существенными коинтегрированными переменными для Свердловской области являются темп экономического роста и электропотребление. Соответственно, для Челябинской области этими переменными являются объем промышленного производства, электропотребление и среднегодовая численность занятых.

Таким образом электропотребление Свердловской области в долгосрочном периоде не зависит от объема промышленного производства и численности занятых, а зависит лишь от темпов экономического роста. В Челябинской области, соответственно, в долгосрочном периоде электропотребление зависит от объема промышленного производства, численности занятых и не зависит от темпов роста. Применение тестов на причинность позволило выявить долгосрочные и краткосрочные причинно-следственные взаимосвязи между переменными.

Полученные результаты могут иметь важное значение при анализе электропотребления и энергосбережения в промышленном секторе экономики этих областей. Практическое применение полученных результатов связано с их учетом при разработке рекомендаций по выработке стратегии долгосрочного развития энергетической отрасли, которые позволят оценить влияние электропотребления на экономический рост и объем промышленного производства.

Список использованных источников

1. *Asafu-Adjaye J.* The relationship between energy consumption, energy prices and economic growth: time series evidence from Asian developing countries // *Energy Economics*. 2000. Vol. 22, Issue 6. Pp. 615–625. [https://doi.org/10.1016/S0140-9883\(00\)00050-5](https://doi.org/10.1016/S0140-9883(00)00050-5)

2. Lee C. C., Chang C. P. Energy consumption and economic growth in Asian economies: a more comprehensive analysis using panel data // *Resource and Energy Economics*. 2008. Vol. 30, Issue 1. Pp. 50–65. <https://doi.org/10.1016/j.reseneeco.2007.03.003>
3. Menegaki A. N. Growth and renewable energy in Europe: A random effect model with evidence for neutrality hypothesis // *Energy Economics*. 2011. Vol. 33, Issue 2. Pp. 257–263. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2010.10.004>
4. Aghdam R. F.Z., Ahmad N., Naveed A., Azar B. B. On the relationship between energy and development: A comprehensive note on causation and correlation // *Energy Strategy Reviews*. 2023. Vol. 46. 101034. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2022.101034>
5. Druzhinin P. V., Shcherbak A. P., Tishkov S. V. Modeling the Interdependence of the Economy and Power Industry Based on Multiplicative Two-Factor Functions // *Studies on Russian Economic Development*. 2018. Vol. 29, Issue 3. Pp. 280–287. <https://doi.org/10.1134/S1075700718030036>
6. Григорьев Л. М., Курдин А. А. Экономический рост и спрос на энергию // *Экономический журнал ВШЭ*. 2013. Т. 17, № 3. С. 390–406. URL: <https://ej.hse.ru/2013-17-3/106450558.html>
7. Куренкова А. Ю., Любимова Н. Г. Анализ и прогноз электропотребления в Алтайском крае // *Вестник университета*. 2018. № 7. С. 97–103. <https://doi.org/10.26425/1816-4277-2018-7-97-103>
8. Kraft J., Kraft A. On the relationship between energy and GNP // *Journal of Energy and Development*. 1978. Vol. 3, No. 2. Pp. 401–403. URL: <https://www.jstor.org/stable/24806805>
9. Sadorsky P. Renewable Energy Consumption and Income in Emerging Economies // *Energy Policy*. 2009. Vol. 37, Issue 10. Pp. 4021–4028. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.05.003>
10. Adhikari D., Chen Y. Energy Consumption and Economic Growth: A Panel Cointegration Analysis for Developing Countries // *Review of Economics and Finance*. 2013. Vol. 3. Pp. 68–80. URL: <https://ideas.repec.org/a/bap/journal/130206.html>
11. Karanfil F., Li Y. Electricity Consumption and Economic Growth: Exploring Panel-specific Differences // *Energy Policy*. 2015. Vol. 82. Pp. 264–277. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.12.001>
12. Kilinc-Ata N. Assessing the Future of Renewable Energy Consumption for United Kingdom, Turkey and Nigeria // *Foresight and STI Governance*. 2018. Vol. 12, No. 4. Pp. 62–77. <https://doi.org/10.17323/2500-2597.2018.4.62.77>
13. Apergis N., Payne J. A dynamic panel study of economic development and the electricity consumption-growth nexus // *Energy Economics*. 2011. Vol. 33, Issue 5. Pp. 770–781. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2010.12.018>
14. Azlina A., Siong H., Mustapha N. Dynamic linkages among transport energy consumption, income and CO2 emission in Malaysia // *Energy Policy*. 2014. Vol. 73. Pp. 598–606. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.05.046>
15. Payne J. On the dynamics of energy consumption and output in the USA // *Applied Energy*. 2009. Vol. 86, Issue 4. Pp. 575–577. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2008.07.003>
16. Payne J. A survey of the electricity consumption-growth literature // *Applied Energy*. 2010. Vol. 87, Issue 3. Pp. 723–731. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2009.06.034>
17. Wang Y., Wang Y., Zhou J., Zhu X., Lu G. Energy consumption and economic growth in China: a multivariate causality test // *Energy Policy*. 2011. Vol. 39, Issue 7. Pp. 4399–4406. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.04.063>
18. Ohlan R. Renewable and nonrenewable energy consumption and economic growth in India // *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*. 2016. Vol. 11, Issue 11. Pp. 1050–1054. <https://doi.org/10.1080/15567249.2016.1190801>
19. Caraiani C., Lungu C., Dascălu C. Energy consumption and GDP causality: A three-step analysis for emerging European countries // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2015. Vol. 44. Pp. 198–210. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.12.017>

20. *Belke A., Dobnik F., Dreger C.* Energy consumption and economic growth: new insights into the cointegration relationship // *Energy Economics*. 2011. Vol. 33, Issue 5. Pp.782–789. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2011.02.005>
21. *Magazzino C.* Economic growth, CO2 emissions and energy use in Israel // *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*. 2011. Vol. 22, Issue 1. Pp. 89–97. <https://doi.org/10.1080/13504509.2014.991365>
22. *Narayan P. K., Smyth R.* Energy consumption and real GDP in G7 countries: new evidence from panel co integration with structural breaks // *Energy Economics*. 2008. Vol. 30, Issue 5. Pp. 2331–2341. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2007.10.006>
23. *Apergis N., Payne J. E.* CO2 emissions, energy usage, and output in Central America // *Energy Policy*. 2009. Vol. 37, Issue 8. Pp. 3282–3286. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.03.048>
24. *Mohammad H., Parvaresh, H.* Energy consumption and output: evidence from a panel of 14 oil-exporting countries // *Energy Economics*. 2014. Vol. 41. Pp. 4–46. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2013.11.002>
25. *Ugwoke T. I., Dike C. K., Elekwa P. O.* Electricity Consumption and Industrial Production in Nigeria // *Journal of Policy and Development Studies*. 2016. Vol. 10, Issue 2. Pp. 8–19. <https://doi.org/10.12816/0028342>
26. *Pesaran M. H., Shin Y., Smith R. J.* Bounds testing approaches to the analysis of level relationships // *Journal of Applied Econometrics*. 2001. Vol. 16, No. 3. Pp. 289–326. <https://doi.org/10.1002/jae.616>
27. *Toda H., Yamamoto T.* Statistical inference in vector autoregressions with possibly integrated processes // *Journal of Econometrics*. 1995. Vol. 66, No. 1–2. Pp. 225–250. [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(94\)01616-8](https://doi.org/10.1016/0304-4076(94)01616-8)
28. *Engle R. F., Granger C. W.J.* Co-Integration and Error Correction: Representation, Estimation, and Testing // *Econometrica*. 1987. Vol. 55, No. 2. Pp. 251–276. <https://doi.org/10.2307/1913236>
29. *Engle R. F.* Dynamic conditional correlation: A simple class of multivariate generalized autoregressive conditional heteroscedasticity models // *Journal of Business & Economic Statistics*. 2002. Vol. 20, No. 3. Pp. 339–350. <https://doi.org/10.1198/073500102288618487>
30. *Breusch T. S.* Testing for autocorrelation in dynamic linear models // *Australian Economic Papers*. 1978. Vol. 17, No. 31. Pp. 334–355. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8454.1978.tb00635.x>
31. *Godfrey L. G.* Testing for Higher Order Serial Correlation in Regression Equations when the Regressors Include Lagged Dependent Variables // *Econometrica*, 1978. Vol. 46, No. 6. Pp.1303–1313. <https://doi.org/10.2307/1913830>
32. *White H., MacDonald G.* Some Large-Sample Tests for Nonnormality in the Linear Regression Model // *Journal of the American Statistical Association*. 1980. Vol. 75, No. 369. Pp. 16–28. <https://doi.org/10.2307/2287373>
33. *Granger C.* Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross-spectral Methods // *Econometrica*. 1969. Vol. 37, No. 3. Pp. 424–438. <https://doi.org/10.2307/1912791>
34. *Бенц Д. С.* О синхронизации экономик Свердловской и Челябинской областей // *Вестник Челябинского государственного университета*. 2020. № 11 (445). С. 244–253. <https://doi.org/10.47475/1994-2796-2020-11129>
35. *Бенц Д. С.* Моделирование факторов экономического роста регионов Урала и РФ // *Journal of New Economy*. 2020. Т. 21, № 3. С. 112–131. <https://doi.org/10.29141/2658-5081-2020-21-3-6>

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Петров Михаил Борисович

Доктор технических наук, руководитель Центра развития и размещения производительных сил Института экономики Уральского отделения РАН, г. Екатеринбург, Россия (620014, г. Екатеринбург, ул. Московская, 29); ORCID <https://orcid.org/0000-0002-3043-6302> e-mail: petrov.mb@uiecc.ru

Серков Леонид Александрович

Кандидат физико-математических наук, доцент, старший научный сотрудник Центра развития и размещения производительных сил Института экономики Уральского отделения РАН, г. Екатеринбург, Россия (620014, г. Екатеринбург, ул. Московская, 29); ORCID <https://orcid.org/0000-0002-3832-3978> e-mail: serkov.la@uiec.ru

БЛАГОДАРНОСТИ

Статья подготовлена в соответствии с планом НИР ИЭ УрО РАН на 2023 г.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ

Петров М. Б., Серков Л. А. Анализ долгосрочных и краткосрочных взаимосвязей между электропотреблением и экономическим ростом в промышленно-развитых регионах России // Journal of Applied Economic Research. 2024. Т. 23, № 1. С. 136–158. <https://doi.org/10.15826/vestnik.2024.23.1.006>

ИНФОРМАЦИЯ О СТАТЬЕ

Дата поступления 12 января 2024 г.; дата поступления после рецензирования 1 февраля 2024 г.; дата принятия к печати 9 февраля 2024 г.

Analysis of Long-Term and Short-Term Relationships between Electricity Consumption and Economic Growth in Industrialized Regions of Russia

Mikhail B. Petrov , Leonid A. Serkov  

*Institute of Economics, The Ural Branch of Russian Academy of Sciences,
Yekaterinburg, Russia*

 *serkov.la@uiec.ru*

Abstract. The purpose of the proposed study is to identify long-term and short-term cause-and-effect relationships between industrial electricity consumption and economic growth through comparative analysis of two neighboring regions with approximately the same industrial potential – the Sverdlovsk and Chelyabinsk regions. To solve this problem, an econometric approach is used, based on the method of testing the boundaries of autoregressive and distributed lag (ARDL) models, which determines the presence of cointegration between series. The use of this method is indispensable when studying regional problems due to the insufficient length of time series of economic indicators in the region. The variables in the comparative analysis were industrial electricity consumption, industrial production volume, economic growth rate, per capita income, and average annual number of employees. When analyzing the data, it was revealed that significant cointegrated variables for the Sverdlovsk region are the rate of economic growth and electricity consumption. Accordingly, for the Chelyabinsk region these variables are the volume of industrial production, electricity consumption and the average annual number of employees. That is, the electricity consumption of the Sverdlovsk region in the long term does not depend on the volume of industrial production and the number of employees but depends only on the rate of economic growth. In the Chelyabinsk region, accordingly, in the long term, electricity consumption depends on the volume of industrial production, the number of employees and does not depend on growth rates. Thus, the regions that, at first glance, are similar in industrial potential differ in the cause-and-effect relationships between economic growth and industrial electricity consumption. The use of causality tests made it possible to identify long-term and short-term cause-and-effect relationships between variables. The results obtained in this study illustrate the explanatory and predictive capabilities of the econometric approach in the context of analyzing cause-and-effect relationships in the economy of two neighboring regions and its energy system. These results may be important when analyzing electricity consumption and energy saving in the industrial sector of the economy of these areas.

Key words: bounds testing; cointegration; error correction model; causality test; electricity consumption; economic growth.

JEL C23, Q43, O40

References

1. Asafu-Adjaye, J. (2000). The relationship between energy consumption, energy prices and economic growth: time series evidence from Asian developing countries. *Energy Economics*, Vol. 22, Issue 6, 615–625. [https://doi.org/10.1016/S0140-9883\(00\)00050-5](https://doi.org/10.1016/S0140-9883(00)00050-5)
2. Lee, C.C., Chang, C.P. (2008). Energy consumption and economic growth in Asian economies: a more comprehensive analysis using panel data. *Resource and Energy Economics*, Vol. 30, Issue 1, 50–65. <https://doi.org/10.1016/j.reseneeco.2007.03.003>

3. Menegaki, A.N. (2011). Growth and renewable energy in Europe: A random effect model with evidence for neutrality hypothesis. *Energy Economics*, Vol. 33, Issue 2, 257–263. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2010.10.004>
4. Aghdam, R.F.Z., Ahmad, N., Naveed, A., Azar, B.B. (2023). On the relationship between energy and development: A comprehensive note on causation and correlation. *Energy Strategy Reviews*, Vol. 46, 101034. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2022.101034>
5. Druzhinin, P.V., Shcherbak, A.P., Tishkov, S.V. (2018). Modeling the Interdependence of the Economy and Power Industry Based on Multiplicative Two-Factor Functions. *Studies on Russian Economic Development*, Vol. 29, Issue 3, 280–287. <https://doi.org/10.1134/S1075700718030036>
6. Grigoriev, L.M., Kurdin, A.A. (2013). Economic growth and energy demand. *HSE Economic Journal*, Vol. 17, No. 3, 390–406. (In Russ). Available at: <https://ej.hse.ru/2013-17-3/106450558.html>
7. Kurenkova, A.Yu., Lyubimova, N.G. (2018). Analysis and forecast of electricity consumption in the Altai Territory. *Vestnik Universiteta*, No. 7, 97–103. (In Russ). <https://doi.org/10.26425/1816-4277-2018-7-97-103>
8. Kraft, J., Kraft, A. (1978). On the relationship between energy and GNP. *Journal of Energy and Development*, Vol. 3, No. 2, 401–403. Available at: <https://www.jstor.org/stable/24806805>
9. Sadorsky, P. (2009). Renewable Energy Consumption and Income in Emerging Economies. *Energy Policy*, Vol. 37, Issue 10, 4021–4028. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.05.003>
10. Adhikari, D., Chen, Y. (2013). Energy Consumption and Economic Growth: A Panel Cointegration Analysis for Developing Countries. *Review of Economics and Finance*, Vol. 3, 68–80. Available at: <https://ideas.repec.org/a/bap/journal/130206.html>
11. Karanfil, F., Li, Y. (2015). Electricity Consumption and Economic Growth: Exploring Panel-specific Differences. *Energy Policy*, Vol. 82, 264–277. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.12.001>
12. Kilinc-Ata, N. (2018). Assessing the Future of Renewable Energy Consumption for United Kingdom, Turkey and Nigeria. *Foresight and STI Governance*, Vol. 12, No.4, 62–77. <https://doi.org/10.17323/2500-2597.2018.4.62.77>
13. Apergis, N., Payne, J. (2011). A dynamic panel study of economic development and the electricity consumption-growth nexus. *Energy Economics*, Vol. 33, Issue 5, 770–781. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2010.12.018>
14. Azlina, A., Siong, H., Mustapha, N. (2014). Dynamic linkages among transport energy consumption, income and CO2 emission in Malaysia. *Energy Policy*, Vol. 73, 598–606. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.05.046>
15. Payne, J. (2009). On the dynamics of energy consumption and output in the USA. *Applied Energy*, Vol. 86, Issue 4, 575–577. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2008.07.003>
16. Payne, J. (2010). A survey of the electricity consumption-growth literature. *Applied Energy*, Vol. 87, Issue 3, 723–731. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2009.06.034>
17. Wang, Y., Wang, Y., Zhou, J., Zhu, X., Lu, G. (2011). Energy consumption and economic growth in China: a multivariate causality test. *Energy Policy*, Vol. 39, Issue 7, 4399–4406. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.04.063>
18. Ohlan, R. (2016). Renewable and nonrenewable energy consumption and economic growth in India. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, Vol. 11, Issue 11, 1050–1054. <https://doi.org/10.1080/15567249.2016.1190801>
19. Caraiiani, C., Lungu, C., Dascălu, C. (2015). Energy consumption and GDP causality: A three-step analysis for emerging European countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 44, 198–210. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.12.017>
20. Belke, A., Dobnik, F., Dreger, C. (2011). Energy consumption and economic growth: new insights into the cointegration relationship. *Energy Economics*, Vol. 33, Issue 5, 782–789. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2011.02.005>
21. Magazzino, C. (2011). Economic growth, CO2 emissions and energy use in Israel. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, Vol. 22, Issue 1, 89–97. <https://doi.org/10.1080/13504509.2014.991365>

22. Narayan, P.K., Smyth, R. (2008). Energy consumption and real GDP in G7 countries: new evidence from panel co integration with structural breaks. *Energy Economics*, Vol. 30, Issue 5, 2331–2341. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2007.10.006>
23. Apergis, N., Payne, J.E. (2009). CO2 emissions, energy usage, and output in Central America. *Energy Policy*, Vol. 37, Issue 8, 3282–3286. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.03.048>
24. Mohammad, H., Parvaresh, H. (2014). Energy consumption and output: evidence from a panel of 14 oil-exporting countries. *Energy Economics*, Vol. 41, 4–46. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2013.11.002>
25. Ugwoke, T.I., Dike, C.K., Elekwa, P.O. (2016). Electricity Consumption and Industrial Production in Nigeria. *Journal of Policy and Development Studies*, Vol. 10, Issue 2, 8–19. <https://doi.org/10.12816/0028342>
26. Pesaran, M.H., Shin, Y., Smith, R.J. (2001). Bounds testing approaches to the analysis of level relationships. *Journal of Applied Econometrics*, Vol. 16, No. 3, 289–326. <https://doi.org/10.1002/jae.616>
27. Toda, H., Yamamoto, T. (1995). Statistical inference in vector autoregressions with possibly integrated processes. *Journal of Econometrics*, Vol. 66, No. 1–2, 225–250. [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(94\)01616-8](https://doi.org/10.1016/0304-4076(94)01616-8)
28. Engle, R.F., Granger, C. (1987). Cointegration and error correction: representation, estimation, and testing. *Econometrica*, Vol. 55, No. 2, 251–276. <https://doi.org/10.2307/1913236>
29. Engle, R.F. (2002). Dynamic conditional correlation: A simple class of multivariate generalized autoregressive conditional heteroscedasticity models. *Journal of Business & Economic Statistics*, Vol. 20, No. 3, 339–350. <https://doi.org/10.1198/073500102288618487>
30. Breusch, T.S. (1978). Testing for autocorrelation in dynamic linear models. *Australian Economic Papers*, Vol. 17, No. 31, 334–355. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8454.1978.tb00635.x>
31. Godfrey, L.G. (1978). Testing for higher order serial correlation in regression equations when the regressors include lagged dependent variables. *Econometrica*, Vol. 46, No. 6, 1303–1313. <https://doi.org/10.2307/1913830>
32. White, H., MacDonald, G. (1980). Some large-sample tests for nonnormality in the linear regression model. *Journal of the American Statistical Association*, Vol. 75, No. 369, 16–28. <https://doi.org/10.2307/2287373>
33. Granger, C. (1969). Investigating causal relations by econometric models and cross-spectral methods. *Econometrica*, Vol. 37, No. 3, 424–438. <https://doi.org/10.2307/1912791>
34. Benz, D.S. (2020). On the synchronization of the economies of the Sverdlovsk and Chelyabinsk regions. *Bulletin of Chelyabinsk State University*, No. 11, 244–253. (In Russ). <https://doi.org/10.47475/1994-2796-2020-11129>
35. Benz, D.S. (2020). Modeling factors of economic growth in the regions of the Urals and the Russian Federation. *Journal of New Economy*, Vol. 21, No. 3, 112–131. (In Russ). <https://doi.org/10.29141/2658-5081-2020-21-3-6>

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Mikhail Borisovich Petrov

Doctor of Technical Sciences, Head of the Center for the Development and Location of the Productive Forces, Institute of Economics, The Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia (620014, Yekaterinburg, Moskovskaya street, 29); ORCID <https://orcid.org/0000-0002-3043-6302> e-mail: petrov.mb@uiec.ru

Leonid Aleksandrovich Serkov

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Senior Researcher, Centre for Development and Placement of Productive Forces, Institute of Economics, The Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia (620014, Yekaterinburg, Moskovskaya street, 29); ORCID <https://orcid.org/0000-0002-3832-3978> e-mail: serkov.la@uiec.ru

ACKNOWLEDGMENTS

The article was prepared in accordance with the Research Plan of the Institute of Economics UB RAS for 2023.

FOR CITATION

Petrov, M.B., Serkov, L.A. (2024). Analysis of Long-Term and Short-Term Relationships between Electricity Consumption and Economic Growth in Industrialized Regions of Russia. *Journal of Applied Economic Research*, Vol. 23, No. 1, 136–158. <https://doi.org/10.15826/vestnik.2024.23.1.006>

ARTICLE INFO

Received January 12, 2024; Revised February 1, 2024; Accepted February 9, 2024.



Оценка турбулентности отраслевой среды машиностроительного комплекса России

Е. Д. Вайсман¹  , Т. Ю. Железнова²  

¹Южно-Уральский государственный университет
г. Челябинск, Россия

²Акционерное общество «Челябинский механический завод»,
г. Челябинск, Россия

 vaismaned@susu.ru

Аннотация. В последние годы при описании состояния среды хозяйствующих субъектов все чаще используется термин «турбулентность». Анализ выявленных подходов к определению его сути дал основание трактовать турбулентность как неотъемлемую, существенную и, главное, комплексную характеристику внешней среды. Актуальность ее исследования обусловлена возрастанием скорости изменений, усложнением и ростом неопределенности, взаимовлиянием изменений в национальной экономике и ее отдельных отраслей и, как следствие, необходимостью учета уровня турбулентности при обосновании стратегических решений любого уровня. При этом в современных публикациях не удалось обнаружить исследований, сфокусированных на особенностях оценки турбулентности отрасли и, соответственно, корректных количественных подходов к ее реализации. Чтобы восполнить этот методический пробел, в качестве цели настоящего исследования принята разработка метода количественной оценки уровня отраслевой турбулентности на примере машиностроительных производств. Научная гипотеза исследования: уровень турбулентности отдельной отрасли современной российской промышленности определяется вариабельностью показателей, характеризующих ее состояние. Методами исследования послужили структурно-логический и матричный анализ, инструменты статистической обработки данных. Разработанный количественный метод оценки отраслевой турбулентности включает такие шаги, как выбор, с учетом принятых допущений, показателей оценки, обоснование решения относительно использования коэффициента вариации как инструмента оценивания их изменчивости, сбор необходимой информации, расчет и интерпретацию результатов. Апробация на примере 17 подотраслей машиностроения путем оценки турбулентности каждой за 10-летний период подтвердила выдвинутую гипотезу исследования и показала существенную дифференциацию отраслей по уровню турбулентности (отличие между максимальным и минимальным значением более чем в пять раз). Показано, что ключевую роль в формировании уровня турбулентности современной российской отрасли машиностроения играет степень ее технологичности и импортозависимости. Полученные результаты позволяют достаточно объективно оценить состояние среды различных отраслей, что должно повысить степень обоснованности принятия стратегических решений на всех уровнях хозяйствования.

Ключевые слова: внешняя среда; турбулентность; метод оценки; стратегические решения.

1. Введение

Возрастающая неопределенность и высокая волатильность параметров внешней среды российских хозяйству-

ющих субъектов, возникающая, в числе прочих причин, вследствие значительных различий в направленности и темпах протекания процессов, что, в част-

ности, отмечает Бурлачков [1], привели ко все более частому использованию термина «турбулентность». Оценка последней становится первоочередной задачей при выработке стратегических решений на всех уровнях хозяйствования, в том числе при формировании стратегического поведения современного промышленного предприятия, что подтверждается исследованиями Aghion et al. [2].

Выявленные рядом авторов (например, Щетининой и др. [3]), корневые причины нарастания турбулентности в глобальном плане имеют разную силу влияния и разные формы проявления в контексте развития различных государств, что наглядно продемонстрировано на примере анализа влияния пандемии COVID-19 на экономику различных государств в работе Yu et al. [4].

Это, в свою очередь, позволяет говорить о целесообразности оценки турбулентности среды на макроуровне. Однако для выработки стратегических решений практически на любом уровне хозяйствования такой оценки недостаточно прежде всего по причине разной степени турбулентности различных отраслей.

По мнению Стариковой и Гиамфи [5], результатом воздействия совокупности факторов, из которых в качестве основных выделяют инновационную и инвестиционную активность отрасли, ее импортозависимость и уровень технологичности, является весьма существенная диспропорциональность развития отраслей России.

Складывается противоречие: с одной стороны, национальная экономика, находясь под давлением мировых кризисных явлений, крайне нестабильна, что оказывает асимметричное влияние на развитие ее отраслей, с другой — нарастающий разрыв в скорости протекания и направленности изменений в различных отраслях увеличива-

ет волатильность экономических показателей страны в целом. А учитывая нацеленность российской экономики на достижение технологического суверенитета, особенно ярко это противоречие проявляется в отраслях промышленности.

На этом фоне повышается актуальность определения уровня изменчивости отраслевой среды промышленного предприятия, причем для более объективного обоснования стратегических решений такая оценка должна иметь количественный характер.

Исследовательский вопрос: возможно ли получение количественной оценки отраслевой турбулентности на основе статистических данных открытых источников информации?

Цель исследования — разработка метода количественной оценки уровня отраслевой турбулентности на примере машиностроительных производств России.

Научная гипотеза: уровень турбулентности отдельной отрасли современной российской промышленности определяется вариабельностью показателей, характеризующих состояние рынка, доступность ресурсов и перспективы ее развития.

Структура работы. Был проведен обзор научных публикаций в разрезе ключевых аспектов исследуемой проблемы. На основе результатов этого обзора был разработан метод оценки отраслевой турбулентности и проведена его апробация. В разделе «Обсуждение» осуществлена верификация полученных результатов и показано, что степень турбулентности отрасли в наибольшей степени зависит от технологичности и импортозависимости последней. В заключении сформулированы выводы, отмечена теоретическая и практическая значимость разработок и ограничения их использования.

2. Обзор литературы

В рамках поставленной в исследовании цели представляется целесообразным рассмотреть три теоретических аспекта исследуемой проблемы. Во-первых, понятие категории «внешняя среда», ее структуру и свойства, во-вторых, суть категории «турбулентность» и, наконец, в-третьих, подходы и методы оценки турбулентности внешней среды.

2.1. Разработанность понятия внешней среды

Чаще всего термин «внешняя среда» используется по отношению к хозяйствующему субъекту как экономической системе, соответственно, под ним обычно понимают его окружение, совокупность факторов и их специфику, в которых хозяйствующий субъект осуществляет свою хозяйственную деятельность. В научной литературе можно встретить различные подходы к условному делению внешней среды.

Традиционно авторы, как проанализировано Железновой и Вайсман [6], выделяют среду прямого и косвенного влияния. При описании первой в качестве синонимов используют целый ряд терминов, что подробно отражено в работе Полоскова и др. [7], а именно: «рабочая среда», «рыночная среда», «непосредственное окружение», «деловая среда» или «микросреда». В среде косвенного влияния, или так называемой общей среде, условно можно выделить три уровня: мега-, макро- и мезосреда.

В разрезе мегасреды изучаются глобальные тенденции и явления, происходящие на мировом уровне. На макроуровне исследуется совокупное влияние факторов, в том числе формируемых под влиянием общемировых экономических, политических, информационных, технологических и социокультурных процессов, а также экологической обстановки в масштабе государства. Отраслевой

уровень внешней среды (мезосреда) содержит факторы, влияющие на хозяйствующие субъекты, функционирующие в конкретной отрасли. Чаще всего их анализ проводится в разрезе пяти сил/угроз конкуренции Портера ввиду относительной простоты практического применения указанной модели. Подробный анализ, описание и классификация методов оценки отраслевой конкуренции представлена Баженовым [8].

В ходе анализа публикаций можно сделать вывод, что для описания состояния внешней среды авторы используют различные подходы как к выбору наиболее существенных ее свойств, так и к интерпретации понятий.

Lawrence & Lorsch [9] в качестве ключевой характеристики внешней среды выделяли уровень ее сложности, которая увеличивается с течением времени в результате роста скорости изменений и неопределенности, что влияет в итоге на сложность структуры организации.

Miles et al. [10] определяли внешнюю среду предприятий при помощи совокупности таких характеристик, как неопределенность, гетерогенность и изменчивость.

Khandwalla [11], наряду с неопределенностью и изменчивостью, важной характеристикой внешней среды считал уровень ее враждебности.

Child [12] выделяет следующую совокупность свойств внешней среды: сложность, изменчивость и нелиберальность.

Dess & Beard [13] для описания внешней среды использовали комбинацию из трех факторов: комплексность (или сложность), динамизм и благосостояние.

Aldrich & Pfeffer [14], наряду с перечисленными характеристиками, предлагал оценивать состояние внешней среды с позиции потенциальной емкости, доступности и равномерности распределения ресурсов.

2.2. Разработанность понятия турбулентности внешней среды

Несмотря на множественность используемых характеристик, на фоне ускоряющихся изменений, при описании внешней среды исследователи все чаще использует термин «турбулентность», определяемый ими в качестве основного фактора нарастания неопределенности деятельности организаций.

Smart & Vertinsky [15] обосновывают, что степень неопределенности, с которой сталкиваются фирмы, непосредственно коррелирует с уровнем турбулентности их внешней среды.

Emery & Trist [16] выявили, что усиление взаимосвязанности факторов кратно увеличивает сложность среды предприятий, превращая ее в бурно изменяющуюся (турбулентную). По мнению авторов, именно постоянно изменяющаяся внешняя среда является основным источником неопределенности.

Terreberry [17] в качестве характерной для турбулентной среды тенденции выявила потерю организационными системами управления последствиями совместных действий.

Несмотря на тот факт, что авторы сходятся во мнении о наличии причинно-следственной связи между неопределенностью и турбулентностью внешней среды, они до сих пор не пришли к единому мнению и по-разному подходят к толкованию дефиниции «турбулентность».

Нам представляется обоснованным разделить все подходы к определению этой дефиниции на две группы, мы определили их как относительно узкий и относительно широкий.

Исходя из первого подхода, турбулентность определяется как явление нерегулярное, соответствующее наиболее высокой точке неустойчивости внешней среды, что существенно снижает ее предсказуемость.

Ansoff & Sullivan [18] определяют турбулентность внешней среды предприятия как степень ее изменчивости и предсказуемости.

Моргачев [19, с. 55] определяет турбулентность как состояние внешней среды, изменения в которой происходят с «высшей степенью неопределенности, сложности и изменчивости».

Щетинина и др. [3, с. 203] обосновывают, что турбулентность, будучи «мерой хаотичности и неопределенности», является основной причиной бессистемной и частой смены состояний «порядка» и «беспорядка» в процессе развития экономики.

Второй более широкий подход дает основание для вывода о том, что турбулентность будучи неотъемлемой существенной характеристикой внешней среды является категорией комплексной, объединяющей в себе совокупность свойств среды, чаще всего определяемых авторами в качестве первичных: динамизм, сложность, взаимосвязанность и неравномерность.

Terreberry [17] отмечает, что среды организаций становятся все более бурными, тем самым обозначая турбулентность, по сути, в качестве перманентного состояния внешней среды современного предприятия.

Metcalfe [20], опираясь на типологию «каузальных структур», предложенную Emery & Trist [16], определил турбулентность как следствие постепенного усиления взаимосвязанности, динамизма и сложности в причинно-следственной структуре внешней среды, что в итоге порождает большую степень неопределенности. Таким образом, Metcalfe подчеркивает комплексность анализируемой категории.

Старикова и др. [21], определяя турбулентность как «нерегулярную по времени хаотичность флуктуации параметров внешней среды предприятия»,

делают акцент на комплексности данной характеристики.

Бурлачков [1] раскрывает механизм появления и нарастания турбулентности вследствие «ненулевой относительной скорости элементов системы». Автор делает вывод о наличии существенных различий, как в направленности процессов, происходящих во внешней среде, так и в темпах их протекания, что и предопределяет их высокую волатильность.

На основе выводов, сделанных в процессе обзора основных подходов к пониманию сущности дефиниции «турбулентность», нами сформулировано следующее определение.

Турбулентность есть неотъемлемая характеристика среды, характеризующаяся непредсказуемыми, трудно просчитываемыми, быстрыми изменениями ее параметров в результате асинхронного, разнонаправленного воздействия большого числа взаимосвязанных факторов прямого и косвенного влияния, что снижает степень содействия и ресурсной доступности среды и повышает степень неопределенности в деятельности [6].

Шинкевич и Лубнина [22] отмечают, что дисбаланс развития национальной экономики и отдельных ее секторов и отраслей одновременно является как причиной, так и фактором турбулентности, нарушая равновесие между спросом и предложением, объемом производства и потребления, накоплением и инвестициями.

Jakimowicz & Juzwizyn [23] приходят к аналогичным выводам. Проведенное ими исследование в части возникновения биржевой турбулентности, в качестве основной ее причины выявило дисбаланс силы спроса и предложения на фондовом рынке, хаотичное изменение которых является фактором образования экономических вихрей.

Для более глубокого понимания возникновения экономической турбулентности нам потребуется выявить основные предпосылки нарушения баланса развития национальных экономик и их отдельных отраслей.

Глазьев [22] преимущественно связывает возникновение турбулентности с формированием нового технологического уклада, который неизбежно сопровождается перестройкой институциональной системы, трансформацией моделей управления, разработкой новых инструментов конкурентной борьбы.

Некрасова и Стрельникова [24] обосновывают, что не менее важным и в то же время взаимосвязанным с развитием технологий фактором являются значительные климатические изменения, которые в разной степени оказывают воздействие на экономику разных стран и их отдельных регионов. Авторы отмечают, что изменение климата, в свою очередь, имеет существенное влияние на здоровье населения, что в итоге сказывается на демографической обстановке.

Ядгарова и др. [25] отмечают, что наряду с изменением климата и усугублением хронической бедности в качестве фактора глобальной турбулентности выступает нарастание геополитических конфликтов.

Таким образом в качестве корневых причин нарастания турбулентности в глобальном плане можно выделить следующие:

- мировой социально-экологический кризис как результат использования ресурсоемких технологий производства, загрязняющих окружающую среду;
- климатические изменения как результат деятельности человека;
- усугубляющийся дефицит ресурсов, следствием которого выступают ресурсные войны;

- увеличение скорости материальных, финансовых и информационных потоков;
- переход к экономике шестого технологического уклада [3, 26].

Признавая в целом проявление турбулентных явлений на всех уровнях внешней среды, мы полагаем, что на микроуровне связанные с ней процессы могут как сглаживаться, так и усиливаться. Это происходит потому, что современное предприятие как открытая система обладает таким свойством, как резистентность, которая определяется «стойкостью экономической системы, способностью противостоять внешним событиям-стрессорам, в том числе катастрофическим» [27, с. 230].

На наш взгляд, резистентность может формироваться как за счет объективных (характер отрасли, к которой принадлежит предприятие или вид его экономической деятельности, географическое расположение, роль в месте расположения, историческая предопределенность и т. п.), так и субъективных факторов (лоббирование интересов отдельных предприятий или отраслей, различного рода преференции, льготы, получаемые в том числе в результате усилий собственников и менеджмента). В результате преобладающий способ взаимодействия конкретной организации с его внешней средой в виде контроля или адаптации позволяет либо нивелировать, либо, наоборот, усугубить последствия происходящих изменений. Данный вопрос достаточно подробно исследован Вайсман и Железновой [28].

2.3. Разработанность методов оценки турбулентности внешней среды

Третий аспект теоретической части исследования заключается в анализе подходов и методов оценки турбулентности внешней среды.

Базовым и наиболее известным методом ее уровневой оценки является метод, предложенный Ансоффом. Ansoff [29] представил турбулентность в виде пятиступенчатой величины, принимающей одно из значений в зависимости от сложности рыночной среды, темпов изменений, новизны событий (степени привычности) и предсказуемости будущего. Парадигма стратегического успеха заключалась в согласованности уровня турбулентности внешней среды с уровнем агрессивности стратегии организации и способностью ее общего управления реагировать на изменения.

Метод оценки турбулентности, предложенный Ансоффом, достаточно распространен ввиду своей относительной простоты и используется авторами в различных контекстах.

Яшева и Вайлунова [30] используют его для определения турбулентности внешней среды при планировании и управлении кластерными проектами.

По нашему мнению, одним из недостатков подхода является использование исключительно экспертных оценок, в связи с чем метод следует отнести, скорее, к качественным. По сути, именно качественный подход использован практически во всех немногочисленных описанных сегодня в специальной литературе методах оценки турбулентности.

Kipley et al. [31] в развитие метода Ансоффа расширили модель стратегической диагностики, в том числе в части определения уровня турбулентности внешней среды. Авторы предлагают оценивать турбулентность внешней среды через отраслевую и маркетинговую турбулентность, классифицируя полученные результаты в диапазоне от 1 (спокойная и стабильная среда) до 5 (неожиданные и скачкообразные изменения). В свою очередь, отраслевая и маркетинговая турбулентность основывается на экспертных оценках в раз-

резе 11 атрибутов каждая. На наш взгляд, этот метод позволяет сформировать более точное представление о состоянии внешней среды, но больше с позиции уровня конкуренции в отрасли, кроме того, он также относится к качественным.

Старикова и др. [21] разработали количественный инструментарий оценки турбулентности. В основе предлагаемого инструментария лежит расчет вариации количественных и качественных параметров макро-, региональной и отраслевой среды и их соотнесение с условно нормативными значениями коэффициентов вариации. Авторами, по сути, предложена двухуровневая оценка турбулентности (высокая/низкая), основным недостатком которой, на наш взгляд, является достаточно общий характер, не дающий детального представления о состоянии внешней среды.

Гросул и Жиликова [32] разработали количественный метод оценки турбулентности среды с использованием таксономических методов сравнительного многомерного анализа. С целью определения уровня турбулентности внешней среды авторами разработаны индикаторы в разрезе четырех групп факторов, а именно: глобализация мирового развития, внутригосударственные, социально-экономические и рыночные факторы. В основе метода лежит экспертная оценка масштаба влияния этих параметров на деятельность предприятия. В результате расчетов интегрального показателя авторы определяют ранг турбулентности, характерный для среды конкретного предприятия: нулевой, допустимый, повышенный, катастрофический. Преимуществом метода является комплексность, поскольку, по сути, он предполагает оценку турбулентности как на глобальном уровне, так и на уровне макро- и отраслевой среды. Недостатком метода остается наличие субъективных экспертных оценок в его основе.

Проведенный анализ методов оценки турбулентности среды дает основание для следующих выводов. Во-первых, таких методов немного, во-вторых, представленные немногочисленные методы, на наш взгляд, не позволяют получить в достаточной степени точную и объективную оценку, в-третьих, исследуя турбулентность среды, авторы не фокусировались на ее отраслевых особенностях. Все эти обстоятельства мы попытались учесть при разработке авторского метода оценки отраслевой среды.

3. Методы

Разработанный метод оценки турбулентности на уровне отраслей представим в виде следующего ряда шагов.

Шаг 1. Формирование системы количественных показателей для определения изменчивости отраслевой среды.

Основными допущениями при решении этой задачи явились: 1) отказ от экспертных оценок, использование исключительно доступных статистических данных для обеспечения объективности метода оценки; 2) возможность получения сопоставимых данных за длительный период (не менее 10 лет); 3) использование совокупности показателей, обеспечивающих комплексную оценку различных аспектов деятельности хозяйствующих субъектов, входящих в состав отрасли.

На уровне отрасли высокая волатильность проявляется в колебаниях спроса, в изменениях, связанных с наличием и стоимостью ресурсов для производства продукции, в неустойчивости уровня доходности субъектов хозяйствования для осуществления инвестиций на регулярной основе, а также доступности кредитных ресурсов. Полагаем, что четыре выбранных для оценки показателя взаимосвязаны с этими процессами и являются важнейшими индикаторами состояния отрасли (табл. 1).

Таблица 1. Обоснование выбора показателей для оценивания изменчивости отраслевой среды

Table 1. Justification of the choice of indicators for assessing the variability of the industry environment

Показатель предприятий	Отраслевой параметр	Пояснения
Выручка от реализации	Рыночная конъюнктура (значение и структура спроса)	Выручка от реализации базовый показатель, отражающий формирование доходов от основной деятельности. Изменение совокупной выручки предприятий отражает особенности формирования спроса на рынке и изменение условий ценообразования под воздействием макроэкономических факторов
Себестоимость продаж	Стоимость ресурсов для производства продукции	Показатель отражает изменения условий взаимодействия с поставщиками основных ресурсов (материалов, услуг, труда)
Прибыль до вычета процентов и налогов (ЕВИТ)	Генерирование прибыли, как основного источника для осуществления инвестиций	Показатель позволяет оценить размер получаемой прибыли предприятиями отрасли независимо от реализуемой ими кредитной политики и выбранного режима налогообложения
Проценты к уплате	Стоимость и доступность кредитных ресурсов для предприятий отрасли	Совокупная сумма процентов, уплаченных предприятиями, свидетельствует об агрессивности проводимой ими кредитной политики. В то же время показатель отражает стоимость и доступность средств для предприятий отрасли на рынке кредитных ресурсов в тот или иной период времени

Источник: составлено авторами.

Совокупная выручка характеризует уровень востребованности продукции отрасли. Себестоимость продаж отражает действующие условия, складывающиеся на рынке ее ресурсов. Объем совокупной прибыли как основного источника инвестиций позволяет оценить перспективы развития отрасли, а размер уплаченных процентов косвенно свидетельствует о доступности финансовых ресурсов для обеспечения деятельности в рамках отрасли. Таким образом, в случае резких колебаний этих показателей закономерен вывод относительно отраслевой нестабильности.

Шаг 2. Выбор и обоснование метода оценивания изменчивости показателей отраслевой среды.

В качестве инструмента анализа изменчивости отраслевой среды принято решение относительно использования коэффициента вариации выбранных показателей. Коэффициент вариации, являясь мерой относительного разброса случайной величины, в общем случае позволяет оценить степень однородности тенденций изменения исследуемых параметров и отражает степень волатильности изучаемого процесса. Его применение обосновывается следующим доводами.

1. Коэффициент вариации входит в группу относительных методов статистики, не имеет привязки к масштабу измеряемой величины и единицам измерения, измеряется в процентах, соответственно, его можно использовать для сравнения вариации различных процессов. В нашем случае это позволяет: 1) сравнивать значения коэффициентов, полученные в разрезе различных отраслей независимо от их масштаба; 2) объединять значения коэффициентов, полученные в разрезе четырех показателей, путем расчета их средней величины.

2. Интерпретация полученных значений показателей позволит сделать вывод не только о неоднородности или однородности процессов в отрасли, но и провести ранжирование последних.

Расчет коэффициентов вариации (V) осуществляется по формуле:

$$V = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})^2}{n-1}} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где P_i — значение анализируемого показателя в i -м году; \bar{P} — среднее значение анализируемого показателя за период; n — число лет в периоде. В исследовании принято решение проводить оценку за период 2013–2022 гг.

Для обеспечения сопоставимости все значения показателей P_i за 10-летний период приведены к значениям 2013 г., при этом в качестве ставки дисконтирования принят индекс цен производителей (по ВЭД «Обрабатывающие производства» по Российской Федерации в 2013–2022 гг. — данные Росстата¹).

В общем случае при расчете среднего коэффициента (\bar{V}) предлагается использовать формулу среднего арифметического:

$$\bar{V} = \frac{V_r + V_c + V_p + V_{cr}}{4}, \quad (2)$$

где V_r — коэффициент вариации выручки от реализации; V_c — коэффициент вариации себестоимости продаж; V_p — коэффициент вариации ЕВИТ; V_{cr} — коэффициент вариации процентов к уплате.

В этом случае все оцениваемые показатели считаются равнозначными. Мы считаем такой подход обоснованным по отношению к оценке именно отраслевой турбулентности, поскольку каждый из показателей является характеристикой определенного аспекта ее функционирования и, соответственно, вариабельность каждого из них вносит свой вклад в значение ее турбулентности. Тем не менее в случае, если менеджмент какого-то предприятия посчитает целесообразным ввести веса для каждого показателя, это может быть сделано с помощью экспертных оценок.

Шаг 3. Организация сбора данных об основных показателях различных отраслей.

В ходе исследования использованы данные системы СПАРК, собранные за период с 2013 по 2022 г. в разрезе указанных выше показателей. Всего были проанализированы следующие машиностроительные подотрасли в составе обрабатывающего производства:

- производство электрического оборудования (код ОКВЭД 27);
- производство машин и оборудования, не включенных в другие группировки (код ОКВЭД 28);
- производство автотранспортных средств, прицепов и полуприцепов (код ОКВЭД 29);
- производство прочих транспортных средств и оборудования (код ОКВЭД 30).

В результате исследовано 17 подотраслей машиностроения в разрезе обозначенных кодов ОКВЭД. Исключения

¹ URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/price>

составили подотрасли, информация о деятельности которых не раскрывается в открытых источниках.

В каждой подотрасли использовалась сплошная выборка, в результате чего в нее попали все предприятия подотрасли, находящиеся как в статусе действующих, так и в состоянии банкротства и ликвидации, независимо от масштаба (крупные, средние, мелкие и микропредприятия). Предприятия выборки в основном двух организационно-правовых форм (акционерные общества и ООО), чья основная деятельность соответствует анализируемому коду по ОКВЭД.

Шаг 4. Расчет коэффициентов вариации в разрезе различных подотраслей.

Шаг 5. Интерпретация результатов.

Полагаем, что для интерпретации полученных результатов расчета коэффициентов вариации вполне обосновано применить градацию значений показателей, используемую при оценке степени риска инвестиционных проектов (табл. 2).

4. Результаты

Как было отмечено, при расчете коэффициентов вариации в разрезе ук-

занных параметров все исходные статистические данные приведены к ценам первого периода с помощью публикуемых индексов цен. Результаты расчетов представлены в табл. 3.

Полученные результаты выявили весьма существенную дифференциацию подотраслей по уровню турбулентности. Индикатор последней — коэффициент вариации — находится в диапазоне от наименьшего значения, равного 15,85 в подотрасли «Производство прочих машин и оборудования общего назначения» до максимального, равного 81,43 в подотрасли «Производство автотранспортных средств».

Как показывают результаты расчетов, две подотрасли характеризуются низким, пять — умеренным и остальные десять — высоким уровнем турбулентности. При этом обращает на себя внимание существенная разница значений коэффициентов вариации не только между разными подотраслями, но и внутри каждого выделенного диапазона, особенно отнесенного к высокому уровню: от 33,5 в производстве машин и оборудования общего назначения до 81,43 в производстве автотранспортных средств.

Таблица 2. Интерпретация значений коэффициентов вариации

Table 2. Interpretation of variation coefficient values

Значение коэффициента	Характер изменений	Уровень турбулентности отраслевой среды
$\bar{V} < 10\%$	Однородные, незначительные	Несущественный
$10\% \leq \bar{V} \leq 20\%$	Однородные, средние	Низкий
$20\% < \bar{V} \leq 33\%$	Однородные, значительные	Умеренный
$\bar{V} > 33\%$	Неоднородные, неустойчивые	Высокий

Источник: составлено авторами на основе¹.

¹ Коэффициент вариации. URL: <https://fd.ru/articles/158998-koeffitsient-variatsii-17-m12>

Таблица 3. Результаты расчетов коэффициентов вариации

Table 3. Results of calculations of coefficients of variation

Код ОКВЭД: Наименование подотрасли	
27.1: Производство электродвигателей, генераторов, трансформаторов и распределительных устройств, а также контрольно-измерительной аппаратуры	24,38
27.2: Производство электрических аккумуляторов и аккумуляторных батарей	27,62
27.3: Производство кабелей и кабельной арматуры	22,76
27.4: Производство электрических ламп и осветительного оборудования	39,41
27.5: Производство бытовых приборов	20,51
27.9: Производство прочего электрического оборудования	17,76
28.1: Производство машин и оборудования общего назначения	33,45
28.2: Производство прочих машин и оборудования общего назначения	15,85
28.3: Производство машин и оборудования для сельского и лесного хозяйства	46,05
28.4: Производство станков, машин и оборудования для обработки металлов и прочих твердых материалов	37,40
28.9: Производство прочих машин специального назначения	24,41
29.1: Производство автотранспортных средств*	81,43
29.2: Производство кузовов для автотранспортных средств; производство прицепов и полуприцепов	38,51
29.3: Производство комплектующих и принадлежностей для автотранспортных средств*	79,85
30.2: Производство железнодорожных локомотивов и подвижного состава*	48,49
30.3: Производство летательных аппаратов, включая космические, и соответствующего оборудования*	48,18
30.9: Производство транспортных средств и оборудования, не включенных в другие группировки*	39,41

Примечание: * в обозначенных подотраслях промышленности за период 2021–2022 гг. информация о показателях деятельности ряда компаний не представлена, что ведет к некоторому завышению коэффициентов вариации, однако отклонение не является существенным и значительно не искажает результаты расчетов.

Источник: рассчитано авторами.

Необходимо отметить, что во всех без исключения исследуемых отраслях изменения приведенных значений четырех анализируемых показателей в десятилетний период носит разнонаправленный характер, однако амплитуда их колебаний безусловно различна,

чем и обусловлены результаты сводного расчета.

Для более глубокого понимания сложившегося среднего значения коэффициента вариации и наглядной демонстрации характера изменений каждого из анализируемых показателей мы при-

вели анализ расчетов их среднего значения, стандартного отклонения и коэффициента вариации на примере трех подотраслей с различным уровнем отраслевой турбулентности (табл. 4).

Расчет среднего позволяет сформировать представление об уровне исходного значения анализируемого показателя. Стандартное отклонение является основной абсолютной мерой вариации и позволяет оценить, как распределены значения исследуемой величины относительно его средней. И, наконец, коэффициент вариации, рассчитанный в разре-

зе исследуемых показателей, позволяет сделать вывод о характере их изменений.

Как видно из результатов расчетов, большей динамике подвержены показатели, характеризующие потенциал осуществления инвестиций предприятиями отрасли и привлечения ими кредитных ресурсов. В то же время у отраслей с высоким уровнем турбулентности, основанном на значении среднего коэффициента вариации, изменения каждого из анализируемых показателей являются значительными и зачастую носят характер неустойчивых и неоднородных.

Таблица 4. Расчет коэффициентов вариации на примере трех подотраслей

Table 4. Calculation of variation coefficients on the example of three sub-sectors

Показатель	Среднее значение, млрд руб.	Стандартное отклонение, млрд руб.	Коэффициент вариации, %
28.3: Производство машин и оборудования для сельского и лесного хозяйства			46,05
Выручка	111,932	28,296	25,28
Себестоимость продаж	93,258	20,129	21,58
ЕВИТ	11,931	9,303	77,98
Проценты к уплате	1,113	0,661	59,35
27.1: Производство электродвигателей, генераторов, трансформаторов и распределительных устройств, а также контрольно-измерительной аппаратуры			24,38
Выручка	244,219	25,587	10,48
Себестоимость продаж	197,025	20,673	10,49
ЕВИТ	19,203	10,329	53,79
Проценты к уплате	3,015	0,686	22,76
27.9: Производство прочего электрического оборудования			17,76
Выручка	74,820	9,379	12,54
Себестоимость продаж	58,825	7,523	12,79
ЕВИТ	7,004	1,289	18,41
Проценты к уплате	0,799	0,218	27,33

Источник: рассчитано авторами.

5. Обсуждение

Сформулированные нами выводы о разной степени проявления турбулентности внешней среды в разрезе отраслей, по сути, подтверждаются исследованием Стариковой [33]. Оценивая степень волатильности оборота различных отраслей, автор определяет уровень адаптивности той или иной отрасли к внешним изменениям. При этом термин «адаптивность» используется в качестве синонима «стабильности» [33, с. 265]. В итоге по результатам расчетов автор делает вывод о сложности внешней среды предприятий различных отраслей [33].

Таким образом можно считать, что выдвинутая в исследовании гипотеза на-

шла свое подтверждение. Однако полученные результаты вполне логично приводят к следующему исследовательскому вопросу: что является ключевой причиной высокой турбулентности той или иной отрасли?

Для получения ответа на этот вопрос целесообразно, во-первых, рассмотреть степень зависимости рассчитанной степени турбулентности от уровня конкуренции в отрасли и, во-вторых, сопоставить последний с уровнем ее импортозависимости.

Первая задача решена с помощью разработанной матрицы в координатах «уровень конкуренции подотрасли (hhi) — степень ее турбулентности (V)» (рис. 1).

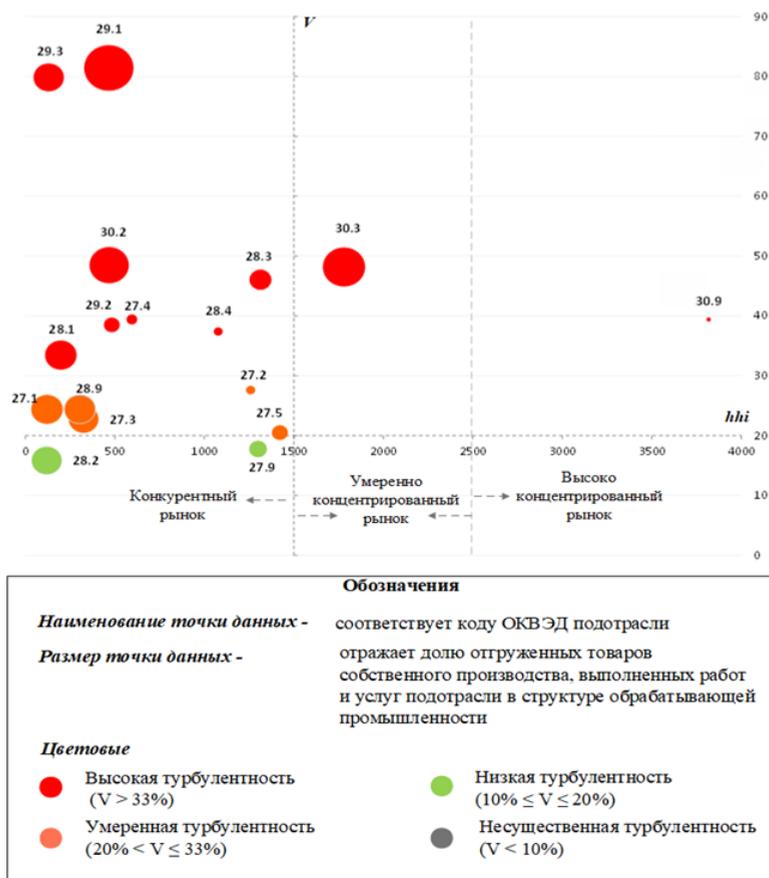


Рис. 1. Анализ результатов исследования
 Figure 1. Analysing the results of the study

Источник: составлено авторами на основе собственных расчетов и данных Росстата.

В качестве первой координаты использованы значения (по данным Росстата) индексов Херфиндаля — Хиршмана (hhi). Учитывая, что анализ не выявил их существенных изменений за последние 5 лет, принято решение использовать данные за 2022 г. В качестве второй координаты (I) приняты значения рассчитанных показателей вариации.

На основе построенной матрицы можно сделать следующие выводы.

Основная масса предприятий исследуемых подотраслей работает на высококонкурентных рынках. При этом, вне зависимости от масштаба, различные подотрасли отличаются разной степенью волатильности основных параметров. Соответственно, можно утверждать, что полученные в ходе расчетов результаты не являются следствием или отражением уровня конкуренции.

Заметим, что графическое представление результатов исследования (рис. 1) дополнительно дает возможность оценить вклад той или иной подотрасли в структуру обрабатывающей промышленности.

Вторая задача решена на основе анализа данных табл. 2, анализ которых показывает, что степень отраслевой турбулентности выше в более технологичных отраслях. При этом уровень турбулентности коррелирует с уровнем импортозависимости, в том числе доли импорта в добавленной стоимости отрасли, что подтверждается аналитическим докладом¹, а также работами Корепанова [34] и Симачева и др. [35].

Так, по результатам исследований Симачева и др. [35], автомобилестроение в целом имеет наиболее высокую степень зависимости от импорта, что коррелирует с полученными нами значениями показателей вариации. При этом свыше 65 % предприятий, относящихся

к производству электрических машин и оборудования и производству машин и оборудования (кроме станков), имеют зависимость от импорта разных уровней от «слабого» до «критического», что также отражается в полученных значениях турбулентности. Более 50 % предприятий, занимающихся производством летательных аппаратов и производством железнодорожного подвижного состава, имеют зависимость от импорта в диапазоне от «слабого» до «сильного» что, на наш взгляд, является весьма существенным и также коррелирует с полученными результатами расчетов коэффициентов вариации.

6. Заключение

Проведенное исследование восполняет методический пробел в количественной оценке степени турбулентности среды на отраслевом уровне и недостаток соответствующих эмпирических исследований. Его результаты дают основание для следующих выводов.

1. Доказана гипотеза относительно возможности количественной оценки турбулентности отрасли на основе расчета варибельности показателей, характеризующих состояние рынка, доступность ресурсов и перспективы развития отрасли.

2. В течение десятилетнего периода (2013–2022) обнаружена существенная дифференциация степени турбулентности различных отраслей промышленности.

3. Ключевую роль в формировании уровня турбулентности современной российской отрасли играет степень ее технологичности и импортозависимости. При этом такой фактор как уровень конкуренции отрасли не является определяющим.

Проведенное исследование вносит определенный вклад в развитие теории интерактивного стратегического управления за счет формирования методического ин-

¹ <https://www.hse.ru/news/expertise/814559899.htm>

струментария оценки состояния внешней среды организации, способствуя тем самым приращению знаний в этой области.

С прикладной точки зрения полученные результаты полезны для выработки и обоснования стратегических решений на всех уровнях хозяйствования и построения так называемой системы раннего предупреждения, позволяющей хозяйствующим субъектам быстро и оперативно реагировать на изменения среды.

Вместе с тем использование разработок имеет ограничения, во-первых, для отраслей, в составе которых большое число предприятий с преобладающей долей государственного участия, поскольку изменчивость показателей, входящих в состав предложенного критерия турбулентности, в этом случае происходит не по рыночным принципам. И, во-вторых, для отраслей с закрытой статистической отчетностью деятельности.

Список использованных источников

1. Бурлачков В. К. Турбулентность экономических процессов: теоретические аспекты // Вопросы экономики. 2009. № 11. С. 90–97. <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2009-11-90-97>
2. Aghion P., Bloom N., Lucking B., Sadun R., Reenen J. V. Turbulence, firm decentralization and growth in bad time // American Economic Journal: Applied Economics. 2021. Vol. 13, No. 1. Pp. 133–169. <https://doi.org/10.1257/app.20180752>
3. Щетинина Е. Д., Кучерявенко С. А., Климова Т. Б., Коннонова А. В. Система факторов и причин возникновения турбулентности как меры хаотичности и неопределенности развития экономики // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. 2016. Т. 1, № 7. С. 203–209. URL: <https://bulletinbstu.editorum.ru/ru/nauka/article/29225/view>
4. Yu Z., Razzaq A., Rehman A., Shah A., Jameel K., Mor R. S. Disruption in global supply chain and socio-economic shocks: a lesson from COVID-19 for sustainable production and consumption // Operations Management Research. 2021. Vol. 15, Issue 1. Pp. 233–248. <https://doi.org/10.1007/s12063-021-00179-y>
5. Старикова М. С., Гуамфи Э. Д. Оценка динамики развития внешней среды промышленного предприятия в условиях инновационной экономики // Экономический вектор. 2021. № 2 (25). С. 92–99. <https://doi.org/10.36807/2411-7269-2021-2-25-92-99>
6. Железнова Т. Ю., Вайсман Е. Д. Турбулентность как комплексная характеристика среды современного промышленного предприятия // Вестник ЮУрГУ. Серия: Экономика и менеджмент. 2022. Т. 16, № 4. С. 89–99. <https://doi.org/10.14529/em220410>
7. Полосков С. С., Желтенков А. В., Скубрий Е. В. Влияние факторов внешней и внутренней среды на успешность инновационной деятельности предприятий // Вестник МГОУ. Серия: Экономика. 2020. № 3 (25). С. 51–62. <https://doi.org/10.25688/2312-6647.2020.25.3.05>
8. Баженов Ю. В. Методические подходы к оценке конкурентоспособности предприятия: значимость информационных факторов в условиях турбулентности окружающей среды // Современная конкуренция. 2019. Т. 13, № 4. С. 93–118. <https://doi.org/10.24411/1993-7598-2019-10407>
9. Lawrence P. R., Lorsch J. W. Organization and Environment: Managing Differentiation and Integration // Administrative Science Quarterly. 1968. Vol. 13, No. 1. Pp. 180–186. <https://doi.org/10.2307/2391270>
10. Miles R. E., Snow C. S., Pfeffer J. Organization Environment: Concepts and Issues // Industrial Relations. 1974. Vol. 13, Issue 3. Pp. 244–264. <https://doi.org/10.1111/j.1468-232X.1974.tb00581.x>
11. Khandwalla P. N. Environment and its Impact on the Organization // International Studies of Management and Organization. 1972. Vol. 2, Issue 3. Pp. 297–313. <https://doi.org/10.1080/00208825.1972.11656125>

12. *Child J.* Organizational Structure, Environment and Performance: The Role of Strategic Choice // *Sociology*. 1972. Vol. 6, Issue 1. Pp. 1–22. <https://doi.org/10.1177/003803857200600101>
13. *Dess G. G., Beard D. W.* Dimensions of Organizational Task Environments // *Administrative Science Quarterly*. 1984. Vol. 29, No. 1. Pp. 52–73. <https://doi.org/10.2307/2393080>
14. *Aldrich H., Pfeffer J.* Environments of Organizations // *Annual Review of Sociology*. 1976. Vol. 2. Pp. 79–105. <https://doi.org/10.1146/annurev.so.02.080176.000455>
15. *Smart C., Vertinsky I.* Strategy and the Environment: A Study of Corporate Responses to Crises // *Strategic Management Journal*. 1984. Vol. 5, Issue 3. Pp. 199–213. <https://doi.org/10.1002/smj.4250050302>
16. *Emery F. E., Trist E. L.* The Causal Texture of Organizational Environments // *Human Relations*. 1965. Vol. 18, No. 1. Pp. 21–32. <https://doi.org/10.1177/001872676501800103>
17. *Terreberry S.* The Evolution of Organizational Environments // *Administrative Science Quarterly*. 1968. Vol. 12, No. 4. Pp. 590–613. <https://doi.org/10.2307/2391535>
18. *Ansoff I. H., Sullivan P. A.* Optimizing Profitability in Turbulent Environments: A Formula for Strategic Success // *Long Range Planning*. 1993. Vol. 26, Issue 5. Pp. 11–23. [https://doi.org/10.1016/0024-6301\(93\)90073-O](https://doi.org/10.1016/0024-6301(93)90073-O)
19. *Кравец М. А., Щепина И. Н.* Обоснование применения концепта «турбулентность» к внешней среде предприятия // *Современная экономика: проблемы и решения*. 2017. № 6 (90). С. 53–61. <https://doi.org/10.17308/meps.2017.6/1740>
20. *Metcalfe J. L.* Systems Models, Economic Models and the Causal Texture of Organizational Environments: An Approach to Macro-Organization Theory // *Human Relations*. 1974. Vol. 27, Issue 7. Pp. 639–663. <https://doi.org/10.1177/001872677402700702>
21. *Старикова М. С., Пономарева Т. Н., Растопчина Ю. Л.* Инструментарий оценки турбулентности внешней среды предприятия // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова*. 2017. Т. 2, № 7. С. 187–193. https://doi.org/10.12737/article_5940f01b1c4e61.66789404
22. *Шинкевич А. И., Лубнина А. А.* Турбулентность как ключевой фактор перехода к новому интегральному укладу // *Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права*. 2023. № 5(102). С. 33–43. <https://doi.org/10.21295/2223-5639-2023-5-33-43>
23. *Jakimowicz A., Juzwiszyn J.* Balance in the Turbulent World of Economy // *Acta Physica Polonica A*. 2015. Vol. 127, No. 3a. Pp. 78–85. <https://doi.org/10.12693/APhysPolA.127.A-78>
24. *Некрасова Е.А., Стрельникова Т. Д.* Влияние глобальных климатических изменений на социально-экономическое развитие территории России и зарубежных стран // *ЭФО: Экономика. Финансы. Общество*. 2023. № 1 (5). С. 25–38. <https://doi.org/10.24412/2782-4845-2023-5-25-38>
25. *Ядеаров Я. С., Сидоров В. А., Ильинова В. В.* Феномен рыночного хозяйства: турбулентность и глобальные риски // *Российский внешнеэкономический вестник*. 2023. № 6. С. 92–97. <https://doi.org/10.24412/2072-8042-2023-6-92-97>
26. *Карпунина Е. К., Галиева Г. Ф., Федотова Е. В.* Что день грядущий нам готовит: о новых вызовах экономической безопасности в эпоху нестабильности // *Вестник Тверского государственного университета. Серия: Экономика и управление*. 2022. № 1 (57). С. 86–103. <https://doi.org/10.26456/2219-1453/2022.1.086-103>
27. *Гребенкин А. В.* Влияние фактора времени на изменение экономических систем: обзор теоретических воззрений и постановка новых гипотез // *Журнал экономической теории*. 2016. № 4. С. 223–233. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_27411052_83064248.pdf
28. *Вайсман Е. Д., Железнова Т. Ю.* Резистентность промышленного предприятия к влиянию внешнего окружения и его стратегическое поведение // *Управленец*. 2023. Т. 14, № 6. С. 91–108. <https://doi.org/10.29141/2218-5003-2023-14-6-7>
29. *Ansoff H. I.* Corporate Strategy: An Analytic Approach to Business Policy for Growth and Expansion. New York: McGraw-Hill, 1965. 241 p. URL: <https://archive.org/details/corporatestrateg0000anso/page/n5/mode/2up>

30. Яшева Г. А., Вайлунова Ю. Г. Планирование и управление кластерным проектом в контексте турбулентности внешней среды: методический подход // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия D. Экономические и юридические науки. 2022. № 6. С. 68–74. <https://doi.org/10.52928/2070-1632-2022-61-6-68-74>
31. Kipley Dr., Lewis A., Jeng J.-L. Extending Ansoff's Strategic Diagnosis Model Defining the Optimal Strategic Performance Positioning Matrix // SAGE Open. 2012. Vol. 2, Issue 1. <https://doi.org/10.1177/2158244011435135>
32. Grosul V., Zhyliakova O. External environment turbulence assessment in the enterprise's anticrisis management system. Economic Annals-XX I. 2015. Vol. 150, Issue 3–4(2). Pp. 51–54. URL: <http://ea21journal.world/index.php/ea-v150-12/>
33. Старикова М. С. Оценка степени адаптивности отраслей российской экономики // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. 2015. № 5. С. 265–268. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_23872804_95986916.pdf
34. Корепанов Е. Н. Импортозависимость и импортозамещение в машиностроении // Вестник Института экономики Российской академии наук. 2022. № 5. С. 66–76. https://doi.org/10.52180/2073-6487_2022_5_66_76
35. Симачев Ю., Кузык М., Зудин Н. Импортозависимость и импортозамещение в российской обрабатывающей промышленности: взгляд бизнеса // Форсайт. 2016. Т. 10, № 4. С. 25–45. <https://doi.org/10.17323/1995-459X.2016.4.25.45>

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Вайсман Елена Давидовна

Доктор экономических наук, профессор кафедры экономики и финансов Юж-но-Уральского государственного университета, г. Челябинск, Россия (454080, Россия, г. Челябинск, пр. Ленина, 76); ORCID <https://orcid.org/0000-0003-1763-2306> e-mail: vaismaned@susu.ru

Железнова Татьяна Юрьевна

Директор по финансам Акционерного общества «Челябинский механический завод», г. Челябинск, Россия (454119, Россия, г. Челябинск, Копейское шоссе, 38); ORCID <https://orcid.org/0009-0007-5580-2579> e-mail: tyuzheleznova@mail.ru

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ

Вайсман Е. Д., Железнова Т. Ю. Оценка турбулентности отраслевой среды машиностроительного комплекса России // Journal of Applied Economic Research. 2024. Т. 23, № 1. С. 159–179. <https://doi.org/10.15826/vestnik.2024.23.1.007>

ИНФОРМАЦИЯ О СТАТЬЕ

Дата поступления 22 декабря 2023 г.; дата поступления после рецензирования 28 января 2024 г.; дата принятия к печати 5 февраля 2024 г.

Assessment of Turbulence in the Industrial Environment of the Russian Machine-Building Complex

Elena D. Vaisman¹  , Tatyana Yu. Zheleznova² 

¹South Ural State University,
Chelyabinsk, Russia

²Stock Company «Chelyabinsk Mechanical Plant»,
Chelyabinsk, Russia

 vaismaned@susu.ru

Abstract. In recent years, the term “turbulence” has been increasingly used to describe the state of the environment for business entities. The analysis of the identified approaches to defining its essence provides grounds for treating turbulence as an integral, essential and, most importantly, complex characteristic of the external environment. The relevance of its study is determined by the increasing speed of change, increasing complexity and uncertainty, mutual influence of changes in the national economy and its individual industries and, as a consequence, the need to take into account the level of turbulence in the justification of strategic decisions at any level. At the same time, in modern publications we could not find any studies focused on the peculiarities of assessing the turbulence of the industry and, accordingly, correct quantitative approaches to its implementation. The aim of this study is to develop a method of quantitative assessment of the level of industry turbulence in the case of machine-building industries. The scientific hypothesis of the research is as follows: the level of turbulence of a particular branch of modern Russian industry is defined by the variability of indicators characterising its condition. The methods of the research were structural-logical and matrix analysis, tools of statistical data processing. The quantitative method developed to assess the industry turbulence includes such steps as the choice, taking into account the accepted assumptions, of evaluation indicators, justification of the decision regarding the use of the coefficient of variation as a tool for assessing their variability, collection of the necessary information, calculation and interpretation of the results. The testing on a sample of 17 machine-building sub-sectors by assessing the turbulence of each for a 10-year period confirmed the hypothesis of the study and showed a significant differentiation of industries by the level of turbulence. The key role in the formation of the turbulence level of the modern Russian machine-building industry is played by the degree of its technological sophistication and import dependence. The obtained results allow us to assess the state of the environment of various industries objectively enough, which should increase the degree of the validity of strategic decision-making at all levels of economic activity.

Key words: external environment; turbulence; assessment method, strategic decisions.

JEL L60, E30, C13

References

1. Burlachkov, V.K. (2009). Turbulence of economic processes: theoretical aspects. *Voprosy Ekonomiki*, No. 11, 90–97. (In Russ.). <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2009-11-90-97>
2. Aghion, P., Bloom, N., Lucking, B., Sadum, R., Reenen, J.V. (2021). Turbulence, firm decentralization and growth in bad time. *American Economic Journal: Applied Economics*, Vol. 13, No. 1, 133–169. <https://doi.org/10.1257/app.20180752>
3. Shchetinina, E.D., Kucheryavenko, S.A., Klimova, T.B., Konnonova A. V. (2016). System factors and causes of turbulence as a measure of randomness and uncertainty of development of

economy. *Bulletin of Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov*, Vol. 1, No. 7, 203–209. (In Russ.). Available at: <https://bulletinbstu.editorum.ru/ru/nauka/article/29225/view>

4. Yu, Z., Razzaq, A., Rehman, A., Shah, A., Jameel, K., Mor, R.S. (2021). Disruption in global supply chain and socio-economic shocks: a lesson from COVID-19 for sustainable production and consumption. *Operations Management Research*, Vol. 15, Issue 1, 233–248. <https://doi.org/10.1007/s12063-021-00179-y>

5. Starikova, M.S., Giamfi, E.D. (2021). Evaluation of the dynamics of development of the external environment of the industrial enterprise in the conditions of innovation economy. *Economic Vector*, No. 2, 92–99. (In Russ.). <https://doi.org/10.36807/2411-7269-2021-2-25-92-99>

6. Zheleznova, T.Yu., Vaisman, E.D. (2022). Turbulence as a complex characteristic of the environment of a modern industrial enterprise. *Bulletin of South Ural State University, Series "Economics and Management"*, Vol. 16, No. 4, 89–99. (In Russ.). <https://doi.org/10.14529/em220410>

7. Poloskov, S.S., Zheltenkov, A.V., Scubriy, E.V. (2020). The Influence of Factors of External and Internal Environment on the Success of Innovative Activities of Enterprises. *Bulletin of the Moscow Region State University. Series: Economics*, No. 3, 51–62. (In Russ.). <https://doi.org/10.25688/2312-6647.2020.25.3.05>

8. Bazhenov, Y. (2019). Methodical approaches to assessing the competitiveness of an enterprise: the importance of information factors in the environment of environmental turbulence. *Journal of Modern Competition*, Vol. 13, No. 4, 93–118. (In Russ.). <https://doi.org/10.24411/1993-7598-2019-10407>

9. Lawrence, P.R., Lorsch, J.W. (1968). Organization and Environment: Managing Differentiation and Integration. *Administrative Science Quarterly*, Vol. 13, No. 1, 180–186. <https://doi.org/10.2307/2391270>

10. Miles, R.E., Snow, C.S., Pfeffer, J. (1974). Organization Environment: Concepts and Issues. *Industrial Relations*, Vol. 13, Issue 3, 244–264. <https://doi.org/10.1111/j.1468-232X.1974.tb00581.x>

11. Khandwalla, P.N. (1972). Environment and its Impact on the Organization. *International Studies of Management and Organization*, Vol. 2, Issue 3, 297–313. <https://doi.org/10.1080/00208825.1972.11656125>

12. Child, J. (1972). Organizational Structure, Environment and Performance: The Role of Strategic Choice. *Sociology*, Vol. 6, Issue 1, 1–22. <https://doi.org/10.1177/003803857200600101>

13. Dess, G.G., Beard, D.W. (1984). Dimensions of Organizational Task Environments. *Administrative Science Quarterly*, Vol. 29, No. 1, 52–73. <https://doi.org/10.2307/2393080>

14. Aldrich, H., Pfeffer, J. (1976). Environments of Organizations. *Annual Review of Sociology*, Vol. 2, 79–105. <https://doi.org/10.1146/annurev.so.02.080176.000455>

15. Smart, C., Vertinsky, I. (1984). Strategy and the Environment: A Study of Corporate Responses to Crises. *Strategic Management Journal*, Vol. 5, Issue 3, 199–213. <https://doi.org/10.1002/smj.4250050302>

16. Emery, F.E., Trist, E.L. (1965). The Causal Texture of Organizational Environments. *Human Relations*, Vol. 18, No. 1, 21–32. <https://doi.org/10.1177/001872676501800103>

17. Terreberry, S. (1968). The Evolution of Organizational Environments. *Administrative Science Quarterly*, Vol. 12, No. 4, 590–613. <https://doi.org/10.2307/2391535>

18. Ansoff, I.H., Sullivan, P.A. (1993). Optimizing Profitability in Turbulent Environments: A Formula for Strategic Success. *Long Range Planning*, Vol. 26, Issue 5, 11–23. [https://doi.org/10.1016/0024-6301\(93\)90073-O](https://doi.org/10.1016/0024-6301(93)90073-O)

19. Kravets, M.A., Shchepina, I.N. (2017). Rationale for applying the concept of “turbulence” to the external environment of the enterprise. *Modern Economics: Problems and Solutions*, No. 6, 53–61. (In Russ.). <https://doi.org/10.17308/meps.2017.6/1740>

20. Metcalfe, J.L. (1974). Systems Models, Economic Models and the Causal Texture of Organizational Environments: An Approach to Macro-Organization Theory. *Human Relations*, Vol. 27, Issue 7, 639–663. <https://doi.org/10.1177/001872677402700702>

21. Starikova, M.S., Ponomareva, T.N., Rastopchina, Yu.L. (2017). Tools for estimation of environmental turbulence of the enterprise. *Bulletin of Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov*, Vol. 2, No. 7, 187–193. (In Russ.). https://doi.org/10.12737/article_5940f01b1c4e61.66789404
22. Shinkevich, A.I., Lubnina, A.A. (2023). Turbulence as a key factor in the transition to a new integral practice. *Herald of the Belgorod University of Cooperation, Economics and Law*, No. 5, 33–43. (In Russ.). <https://doi.org/10.21295/2223-5639-2023-5-33-43>
23. Jakimowicz, A., Juzwiszyn, J. (2015). Balance in the Turbulent World of Economy. *Acta Physica Polonica A*, Vol. 127, No. 3a, 78–85. <https://doi.org/10.12693/APhysPolA.127.A-78>
24. Nekrasova, E.A., Strelnikova, T.D. (2023). The impact of global climate changes on the social and economic development of Russia's areas and foreign countries. *EFO: Economy. Finance. Society*, No. 1, 25–38. (In Russ.). <https://doi.org/10.24412/2782-4845-2023-5-25-38>
25. Yadgarov, Ya.S., Sidorov, V.A., Ilinova, V.V. (2023). Market Economy Phenomen: Turbulence and Global Risk. *Russian Foreign Economic Bulletin*, No. 6, 92–97. (In Russ.). <https://doi.org/10.24412/2072-8042-2023-6-92-97>
26. Karpunina, E.K., Galieva, G.F., Fedotova, E.V. (2022). What the coming day has in store for us: on new challenges to economic security in an era of instability. *Bulletin of Tver State University. Series: Economics and Management*, No. 1, 86–103. (In Russ.). <https://doi.org/10.26456/2219-1453/2022.1.086-103>
27. Grebenkin, A.V. (2016). The impact of time on changes in economic systems: a review of theoretical perspectives and the formulation of new hypotheses. *Journal of Economic Theory*, No. 4, 224–233. (In Russ.). Available at: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_27411052_83064248.pdf
28. Vaisman, E.D., Zheleznova, T.Yu. (2023). Strategic behaviour and resilience of an industrial enterprise to the external environment. *The Manager*, Vol. 14, No. 6, 91–108. (In Russ.). <https://doi.org/10.29141/2218-5003-2023-14-6-7>
29. Ansoff, H.I. (1965). *Corporate Strategy: An Analytic Approach to Business Policy for Growth and Expansion*. New York, McGraw-Hill, 241 p. Available at: <https://archive.org/details/corporatestrateg0000anso/page/n5/mode/2up>
30. Yasheva, G., Vailunova, Y. (2022). Planning and management of a cluster project in the context of turbulent environment: a methodological approach. *Vestnik of Polotsk State University. Part D. Economic and Legal Sciences*, No. 6, 68–74. (In Russ.). <https://doi.org/10.52928/2070-1632-2022-61-6-68-74>
31. Kipley, Dr., Lewis, A., Jeng, J.-L. (2012). Extending Ansoff's Strategic Diagnosis Model Defining the Optimal Strategic Performance Positioning Matrix. *SAGE Open*, Vol. 2, Issue 1. <https://doi.org/10.1177/2158244011435135>
32. Grosul, V., Zhyliakova, O. (2015). External environment turbulence assessment in the enterprise's anticrisis management system. *Economic Annals-XXI*, Vol. 150, Issue 3–4(2), 51–54. Available at: <http://ea21journal.world/index.php/ea-v150-12/>
33. Starikova, M.S. (2015). Assessment of the degree of adaptability of the Russian economy's industries. *Bulletin of Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov*, No. 5, 265–268. (In Russ.). Available at: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_23872804_95986916.pdf
34. Korepanov, E.N. (2022). Import dependence and import substitution in mechanical engineering. *The Bulletin of the Institute of Economics of the Russian Academy of Sciences*, No. 5, 66–76. (In Russ.). https://doi.org/10.52180/2073-6487_2022_5_66_76
35. Simachev, Y., Kuzyk, M., Zudin, N. (2016). Import Dependence and Its Substitution in the Russian Manufacturing: Business Viewpoint. *Foresight and STI Governance*, Vol. 10, No. 4, 25–45. <https://doi.org/10.17323/1995-459X.2016.4.25.45>

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Elena Davidovna Vaisman

Doctor of Economics, Professor, Department of Economics and Finance, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia (454080, Chelyabinsk, Lenin prospekt, 76); ORCID <https://orcid.org/0000-0003-1763-2306> e-mail: vaismaned@susu.ru

Tatyana Yuryevna Zheleznova

Financial Director, Joint Stock Company “Chelyabinsk Mechanical Plant”, Chelyab-insk, Russia (454119, Chelyabinsk, Kopeyskoye shosse, 38); ORCID <https://orcid.org/0009-0007-5580-2579> e-mail: tyuzheleznova@mail.ru

FOR CITATION

Vaisman, E.D., Zheleznova, T.Yu. (2024). Assessment of Turbulence in the Industrial Environment of the Russian Machine-Building Complex. *Journal of Applied Economic Research*, Vol. 23, No. 1, 159–179. <https://doi.org/10.15826/vestnik.2024.23.1.007>

ARTICLE INFO

Received December 22, 2023; Revised January 28, 2024; Accepted February 5, 2024.



Анализ чувствительности показателей рыночной активности корпорации при нейтральном подходе к дивидендной политике

С. И. Крылов  

Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б. Н. Ельцина,

г. Екатеринбург, Россия

 zali6770@yandex.ru

Аннотация. В условиях современной развитой рыночной экономики достаточно важной характеристикой деятельности корпорации (публичного акционерного общества (ПАО)) является его активность на фондовом рынке (рыночная активность), предполагающая разработку дивидендной политики, которая, с одной стороны, должна способствовать достижению основной цели финансового менеджмента — максимизации материального благосостояния акционеров, а с другой — учитывать интересы всех остальных заинтересованных в деятельности ПАО стейкхолдеров (включая потенциальных инвесторов) для обеспечения его устойчивого развития в долгосрочной перспективе. Выполнение данного требования возможно лишь в рамках нейтрального подхода к дивидендной политике публичного акционерного общества. Целью исследования является изучение рыночной активности публичного акционерного общества посредством анализа чувствительности ее важнейших показателей к основным определяющим их факторам в условиях нейтрального подхода к осуществлению дивидендной политики. Рабочая гипотеза — рассмотреть возможности использования в качестве инструментов анализа чувствительности важнейших показателей рыночной активности ПАО к основным определяющим их факторам в условиях нейтрального подхода к осуществлению дивидендной политики соответствующих моделей эластичностей. Сформированные модели эластичностей важнейших показателей рыночной активности предполагается использовать в прогнозно-аналитических оценках изменений их значений. Кроме того, они дадут возможность раскрывать причины этих изменений путем определения влияния на данные эластичности включенных в их модели определяющих факторов посредством соответствующих способов и приемов факторного анализа при нейтральном подходе к дивидендной политике публичного акционерного общества. Автор делает вывод о достаточной действенности разработанных им моделей эластичностей важнейших показателей активности публичного акционерного общества на фондовом рынке к изменению основных их определяющих факторов в качестве инструментов управления рыночной активностью ПАО при нейтральном подходе к его дивидендной политике.

Ключевые слова: анализ чувствительности; эластичность; моделирование; рыночная активность; нейтральный подход; дивидендная политика; публичное акционерное общество.

1. Введение

В условиях современной развитой рыночной экономики достаточно важ-

ной характеристикой деятельности публичного акционерного общества является ее активность на фондовом рынке

(рыночная активность), под которой следует понимать выбор оптимальных стратегий и тактики в использовании прибыли, ее аккумуляции, наращивании капитала путем выпуска дополнительных акций, а также влияния на рыночную цену акции.

Обеспечение требуемого публичному акционерному обществу уровня рыночной активности, как правило, предполагает разработку комплекса управленческих решений, способствующих, по крайней мере, неухудшению ее положения на рынке капитала в плане динамики рыночных индикаторов (абсолютных — рыночной цены обыкновенной акции, прибыли на обыкновенную акцию и дивиденда на обыкновенную акцию, а также относительных — финансовых коэффициентов рыночной активности).

Являясь достаточно важной составляющей устойчивого развития публичного акционерного общества, его рыночная активность должна преследовать способность долгосрочного продолжения эффективной экономической деятельности. Эта деятельность определяется наличием и достаточным уровнем эффективности использования ресурсов ПАО и заключается в устойчивости роста объемов производства и продаж, активности в части инвестиций и инноваций, обеспечении соответствующего уровня благосостояния акционеров и заработной платы работников.

Представляется, что устойчивое развитие публичных акционерных обществ не может быть обеспечено, если не формируется надлежащее информационное обеспечение, предполагающее разработку рекомендаций по формированию интегрированного отчета об устойчивом развитии ПАО. В значительной степени примером этих рекомендаций являются стандарты GRI (Global Reporting Initiative) [1], построенные на принципе триединого итога (Triple Bottom Line):

экономики, экологии производства и социальной политике практически любого предприятия. Для обеспечения практической реализации упомянутого выше триединого итога в группу важнейших показателей экономической результативности публичных акционерных обществ следует ввести индикаторы, характеризующие их рыночную активность.

Целесообразно также обратить особое внимание на следующий момент: дивидендная политика должна обеспечивать достижение основной цели финансового менеджмента (максимизации материального благосостояния собственников (акционеров)), а также принимать во внимание интересы всех остальных заинтересованных в деятельности публичного акционерного общества стейкхолдеров (в том числе инвесторов, участвующих в экономической деятельности ПАО, и потенциальных), чтобы способствовать его устойчивому развитию в долгосрочном периоде.

Выполнение данного требования возможно лишь в рамках нейтрального подхода к осуществлению дивидендной политики публичного акционерного общества [2].

При практической реализации сформулированного выше условия устойчивости ПАО необходимо принять во внимание традиционную разработку дивидендной политики публичного акционерного общества по отношению лишь к обыкновенным акциям, так как дивидендная доходность привилегированных акций, как правило, фиксирована (хотя возможны и исключения).

Цель исследования — изучить рыночную активность публичного акционерного общества посредством анализа чувствительности ее важнейших показателей к основным определяющим их факторам именно в условиях нейтрального подхода к осуществлению дивидендной политики.

Рабочая гипотеза исследования — рассмотрение возможности использования в качестве инструментов анализа чувствительности важнейших показателей рыночной активности публично-акционерного общества к основным определяющим их факторам в условиях нейтрального подхода к осуществлению дивидендной политики соответствующих моделей эластичностей.

2. Обзор литературы

2.1. Индикаторы рыночной активности

Ранее автором статьи в ряде публикаций был сформулирован и обоснован нейтральный подход к дивидендной политике публично-акционерного общества, базирующийся на совместном использовании теории иррелевантности дивидендов, теории существенности дивидендной политики и концепции устойчивого развития предприятия [2], выделены ключевые показатели анализа и прогнозирования его дивидендной политики и рыночной активности, сформированы финансовые модели важнейших из них в условиях указанного выше подхода [3], а также приведен пример практического применения данных моделей и определены направления дальнейших исследований по этой проблематике [4].

Индикаторы рыночной активности ПАО достаточно широко рассмотрены в публикациях многих исследователей.

Brealey et al. [5] при анализе финансовой деятельности компании уделяют достаточно много внимания коэффициенту дивидендных выплат, доле реинвестируемой прибыли, коэффициенту цена-прибыль, норме дивидендного дохода, коэффициенту «рыночная — балансовая стоимость», а также коэффициенту «q Тобина».

Van Horne & Wachowicz [6] акцентируют внимание на рыночной цене обыкновенной акции, прибыли на обык-

новенную акцию, дивиденде на обыкновенную акцию, а также на коэффициенте дивидендного выхода как основном показателе анализа дивидендной политики.

Beaver & Morse [7] в процессе анализа эффективности деятельности на рынке ценных бумаг рассматривают базовую и разводненную прибыль на акцию, дивиденды на одну акцию, коэффициенты покрытия и выплаты дивидендов, кратное прибыли, полную и текущую доходность акций, а также коэффициент кратное балансовой стоимости акции.

Aharony & Swary [8], касаясь рыночной привлекательности фирмы, выделяет прибыль (доход) на акцию, коэффициент котированности акции, дивидендную доходность акции, дивидендный выход, дивидендное покрытие, коэффициент рыночной оценки акции, коэффициент Тобина (q-ratio).

Woolridge [9] при изучении влияния изменения величины дивидендов на стоимость акций рассматривает прибыль и дивиденд на акцию, текущую доходность акции, коэффициенты выплаты и покрытия дивидендов, отношение рыночной цены к прибыли на акцию и отношение рыночной цены к балансовой стоимости акции.

Dielman & Oppenheimer [10], анализируя резкие скачки доходности акционерного капитала, особое внимание уделяют изменению дивиденда, приходящегося на одну акцию.

DeAngelo et al. [11], характеризуя взаимосвязь выплаты дивидендов и наличия убытков компании, рассматривают уровень дивидендных выплат на одну обыкновенную акцию, коэффициент дивидендного выхода, показатель дивидендного дохода, коэффициент соотношения цены и дохода по акции, а также коэффициент соотношения рыночной цены и прибыли на одну обыкновенную акцию.

Kalay & Loewenstein [12], рассматривая информационное содержание сроков объявления дивидендов, касаются дивиденда в расчете на одну обыкновенную акцию, коэффициента дивидендного выхода, а также рыночной цены обыкновенной акции компании.

Ofer & Siegel [13], исследуя роль дивидендов в корпоративной финансовой политике, в состав показателей, характеризующих распределение прибыли и рыночную оценку привлекательности акций, включают дивиденд на акцию, текущую доходность акции, показатель выплаты дивидендов, коэффициент покрытия дивидендов, дивиденды к активам, соотношение цены и прибыли на акцию, а также соотношение рыночной цены и балансовой стоимости акции.

Jensen & Johnson [14] в статье о динамике снижения корпоративных дивидендов касаются рыночной цены и прибыли на обыкновенную акцию, дивиденда на обыкновенную акцию и коэффициента выплаты дивидендов.

Dontoh et al. [15], рассматривая соотношение прибыли на акцию и ее рыночной цены, оценку риска и роста в международном аспекте, в состав показателей рыночной стоимости включили коэффициент «кратное прибыли», коэффициент «кратное выручке за реализованную продукцию», коэффициент «кратное балансовой стоимости», текущую прибыльность акций, текущую доходность акций и коэффициент выплаты дивидендов.

Easton & Harris [16] в ходе исследования чистой прибыли как фактора доходности, в качестве соответствующих показателей выделяют размер дивидендов на 1 акцию, номинальную и фактическую норму дивиденда, а также прибыль на одну акцию.

Zacks [17] в процессе прогнозирования акционерных показателей, упоминает прибыль на акцию, отношение

цены к прибыли на акцию, балансовую стоимость обыкновенной акции, соотношение цена / балансовая стоимость обыкновенной акции, коэффициент дивиденда на акцию и коэффициент выплаты дивиденда.

Pattell & Wolfson [18], исследуя внутрисдневную скорость корректировки цен на акции в зависимости от прибыли и объявлений о дивидендах, к показателям эффективности деятельности компании-эмитента на рынке ценных бумаг относят прибыль на одну акцию, дивиденд на акцию, коэффициент покрытия дивидендов, коэффициент выплаты дивидендов, отношение цены акции и величины прибыли на акцию, коэффициенты полной, текущей и совокупной доходности акции.

Akhigbe & Madura [19], исследуя влияние дивидендных выплат на долгосрочную динамику цен акций, обращаются к таким связанным с дивидендной политикой корпорации показателям ее рыночной активности, как дивиденды на обыкновенную акцию и ее рыночная цена.

Ang et al. [20], рассматривая агентские расходы и структуру собственности, касаются их влияния на дивиденды и прибыль, приходящиеся на обыкновенную акцию фирмы.

Black [21], обращаясь к формированию дивидендной политики компании, рассматривает его влияние на дивиденды и прибыль на обыкновенную акцию.

Brooks [22] в ходе изучения изменений в асимметричной информации при объявлениях о прибылях и дивидендах значительное место уделяет дивиденду и прибыли на обыкновенную акцию компании.

Fama & French [23], рассматривая условия ведения бизнеса и ожидаемую доходность акций и облигаций, касаются показателей дивидендной и общей доходности акций компании.

Goetzmann & Jorion [24] при изучении данных о способности дивидендной доходности предсказывать доходность акций в долгосрочной перспективе обращаются к достаточно подробному исследованию дивидендной доходности акций компании.

Hauser [25], касаясь воздействия финансового кризиса на дивидендную политику компании, рассматривает возможность изменения коэффициента выплаты дивидендов в этих условиях.

McLaney [26] при анализе дивидендных решений касается дивиденда и прибыли на обыкновенную акцию компании, коэффициентов дивидендного выхода и дивидендного покрытия, дивидендной доходности обыкновенной акции.

Petit [27] при рассмотрении влияния объявления о дивидендах на показатели рыночной активности компании обращается к рыночной цене обыкновенной акции, соотношению рыночной цены и прибыли на обыкновенную акцию, а также соотношению рыночной цены обыкновенной акции и ее балансовой стоимости.

Обобщив и систематизировав точки зрения приведенных выше исследователей с учетом того, что тот или иной финансовый коэффициент может иметь несколько названий, выделим важнейшие финансовые коэффициенты, характеризующие рыночную активность публичного акционерного общества, разбив их на два взаимосвязанных блока (табл. 1).

Таблица 1. Важнейшие финансовые коэффициенты, характеризующие рыночную активность публичного акционерного общества

Table 1. The most important financial ratios characterizing the market activity of a public joint stock company

Наименование финансового коэффициента	Расчетная формула	Расшифровка условных обозначений
1. Финансовые коэффициенты инвестиционной привлекательности обыкновенных акций		
Коэффициент котируемости обыкновенной акции	$PER = P / E$	<p>PER — коэффициент котируемости обыкновенной акции (Price / Earnings Ratio);</p> <p>DY — дивидендная доходность обыкновенной акции (Dividend Yield);</p> <p>DP — коэффициент дивидендного выхода (Dividend Payout);</p> <p>RPD — коэффициент соотношения рыночной цены и дивиденда на обыкновенную акцию;</p> <p>P — рыночная цена обыкновенной акции;</p> <p>E — прибыль на обыкновенную акцию (Earnings per Share);</p> <p>D — дивиденд на обыкновенную акцию;</p>
Дивидендная доходность обыкновенной акции	$DY = D / P$	
Коэффициент соотношения рыночной цены и дивиденда на обыкновенную акцию	$RPD = P / D$	

Окончание табл. 1

Наименование финансового коэффициента	Расчетная формула	Расшифровка условных обозначений
2. Финансовые коэффициенты дивидендной политики		
Коэффициент дивидендного выхода	$DP = D / E$ $DP = CD / (NP - PD)$	DP — коэффициент дивидендного выхода;
Коэффициент дивидендного покрытия	$DC = E / D$	DC — коэффициент дивидендного покрытия;
Коэффициент покрытия дивидендов по привилегированным акциям	$CPD = NP / PD$	CPD — коэффициент покрытия дивидендов по привилегированным акциям;
Коэффициент соотношения дивидендов по обыкновенным и привилегированным акциям	$DCD = CD / PD$	DCD — коэффициент соотношения дивидендов по обыкновенным и привилегированным акциям; CD — общая сумма дивидендов по обыкновенным акциям; PD — общая сумма дивидендов по привилегированным акциям; NP — чистая прибыль

Источник: составлено автором по [3].

Финансовые коэффициенты первого блока, к которым относятся коэффициент котировки обыкновенной акции, дивидендная доходность обыкновенной акции, коэффициент соотношения рыночной цены обыкновенной акции и дивиденда на обыкновенную акцию, направлены в основном на характеристику инвестиционную привлекательности обыкновенных акций публичного акционерного общества для потенциальных инвесторов.

Финансовые коэффициенты второго блока, в состав которого входят коэффициент дивидендного выхода, коэффициент дивидендного покрытия, норма распределения чистой прибыли на дивиденды, коэффициент покрытия дивидендов по привилегированным акциям, коэффициент соотношения дивидендов по обыкновенным и привилегированным акциям, направлены прежде всего на характеристику дивидендной политики ПАО.

Поскольку инвестиционная привлекательность обыкновенных акций публичного акционерного общества во мно-

гом зависит от ее дивидендной политики, показатели второй группы следует рассматривать в качестве базовых, что определяет их особую значимость при анализе рыночной активности. При этом на обе группы показателей влияет множество определяющих факторов.

Показав, что «фундамент» дивидендной политики ПАО представляет собой отношение дивиденда и прибыли на обыкновенную акцию (общей суммы дивидендов на все обыкновенные акции и суммой чистой прибыли за исключением общей суммы дивидендов на все привилегированные акции), конкретизирующий в коэффициенте дивидендного выхода (коэффициенте дивидендного покрытия), делая его наиболее важным индикатором анализа дивидендной политики публичного акционерного общества.

2.2. Подходы к реализации дивидендной политики

Результаты оценки значения данного индикатора во многом зависят от вы-

бранного подхода к осуществлению дивидендной политики публичного акционерного общества в трактовке Van Horne & Wachowicz [6]: пассивного или активного.

Пассивный подход, называемый также теорией иррелевантности дивидендов Miller & Modigliani [28], предполагает, что значение коэффициента дивидендного выхода не влияет на благосостояние акционеров публичного акционерного общества, поскольку оно зависит только от доходности его активов и инвестиционной политики, определяя таким образом дивиденды как «пассивный остаток» после осуществления инвестиций.

Формализованной иллюстрацией пассивного подхода к дивидендной политике является модель Walter [29], считающаяся одной из первых и обладающая достоинствами относительной простоты и наглядности:

$$P = \frac{D + \frac{r}{\rho} \cdot (E - D)}{\rho}, \quad (1)$$

где P — прогнозируемая рыночная цена обыкновенной акции; D — дивиденд на обыкновенную акцию; E — прибыль на обыкновенную акцию; r — рентабельность инвестиций публичного акционерного общества; ρ — рыночный уровень капитализации (среднерыночная ставка дисконтирования, используемая для определения ожидаемых денежных потоков).

В соответствии с активным подходом, часто называемым теорией существенности дивидендной политики Gordon [30] и Lintner [31], дивиденды играют активную (важную) роль, определяя в силу именно их значимости для акционеров в условиях неопределенности, инвестиционную привлекательность обыкновенных акций публичного акционерного общества.

Формализация активного подхода к дивидендной политике конкретизируется в модели экономического роста Gordon [32]:

$$P_0 = \frac{D_1}{k - g} = \frac{D_0 \cdot (1 + g)}{k - g}, \quad (2)$$

где P_0 — прогнозируемая текущая (теоретическая) стоимость обыкновенной акции в нулевой момент; D_1 — ожидаемый дивиденд на обыкновенную акцию будущего периода; D_0 — дивиденд на обыкновенную акцию настоящего периода; k — приемлемая ставка дисконтирования (норма прибыли, требуемая инвесторами на обыкновенную акцию компании); g — темп прироста дивиденда на обыкновенную акцию (принимается постоянным во времени).

Приведенные выше модели (1) и (2) могут рассматриваться в качестве формализованных инструментов прогнозирования и, соответственно, управления дивидендной политикой в рамках пассивного и активного подходов к ее осуществлению.

3. Материалы и методы

3.1. Нейтральный подход к дивидендной политике

Как уже было отмечено выше, для обеспечения устойчивого развития публичного акционерного общества в долгосрочном периоде его дивидендная политика должна учитывать интересы всех его стейкхолдеров в равной мере, приводя к созданию долгосрочной стоимости данного ПАО.

Выполнение сформулированного выше условия долгосрочной устойчивости публичного акционерного общества подразумевает достижение баланса между активным и пассивным подходами, приводя к возникновению так называемого нейтрального подхода к дивидендной политике ПАО.

Формализация нейтрального подхода к дивидендной политике публичного акционерного общества предусматривает формирование присущих ему моделей коэффициента дивидендного выхода, коэффициента дивидендного покрытия и ожидаемой цены обыкновенной акции.

В основе формирования моделей коэффициента дивидендного выхода и коэффициента дивидендного покрытия лежит уравнивание прогнозируемой рыночной цены обыкновенной акции, рассчитываемой по модели Walter (формула (1)) [29] и определяемой в соответствии с моделью экономического роста Gordon (формула (2)) [32] прогнозируемой текущей (теоретической) стоимости обыкновенной акции в нулевой момент, предполагая соответствие текущей стоимости потока ожидаемых будущих дивидендов по обыкновенной акции ее рыночной цене [6], что вполне возможно при высокой эффективности рынка ценных бумаг:

$$P = P_0, \quad (3)$$

присвоив единое обозначение $D (D = D_0)$ дивиденду на обыкновенную акцию.

Отсюда вытекает равенство:

$$\frac{D + \frac{r}{\rho} \cdot (E - D)}{\rho} = \frac{D \cdot (1 + g)}{k - g}. \quad (4)$$

Преобразовав формулу (4), сформируем модели коэффициента дивидендного выхода (DP) и коэффициента дивидендного покрытия (DC):

$$DP = \frac{D}{E} = \frac{\frac{r}{\rho}}{\frac{\rho \cdot (1 + g)}{k - g} + \frac{r}{\rho} - 1}. \quad (5)$$

$$DC = \frac{E}{D} = \left(\frac{\rho \cdot (1 + g)}{k - g} - 1 \right) \cdot \frac{\rho}{r} + 1. \quad (6)$$

Для построения модели рыночной цены обыкновенной акции сначала выразим суммы дивиденда на обыкновенную акцию из модели Walter (формула (1)) [29] и дивиденда на обыкновенную акцию настоящего периода из модели экономического роста Gordon (формула (2)) [32], соответственно, следующим образом:

$$D = \frac{\rho \cdot P - \frac{r}{\rho} \cdot E}{1 - \frac{r}{\rho}}. \quad (7)$$

$$D_0 = \frac{P_0 \cdot (k - g)}{1 + g}. \quad (8)$$

Приравняв дивиденд на обыкновенную акцию по модели Walter (формула (7)) [29] и дивиденд на обыкновенную акцию настоящего периода по модели экономического роста Gordon (формула (8)) [32]:

$$D = D_0, \quad (9)$$

вводим одинаковое обозначение ожидаемой (равновесной применительно к позиции конкретного инвестора и ситуации на фондовом рынке) цены обыкновенной акции как $P (P = P_0)$.

Получаем равенство:

$$\frac{\rho \cdot P - \frac{r}{\rho} \cdot E}{1 - \frac{r}{\rho}} = \frac{P \cdot (k - g)}{1 + g}, \quad (10)$$

из которого выводим модель ожидаемой цены обыкновенной акции:

$$P = \frac{\frac{r}{\rho} \cdot E}{\rho - (k - g) \cdot \frac{1 - \frac{r}{\rho}}{1 + g}}. \quad (11)$$

Модель дивидендной доходности обыкновенной акции (DY) также может быть построена при нейтральном подходе к дивидендной политике публичного акционерного общества, учитывая ранее введенных условных обозначений:

$$DY = \frac{D \cdot \rho - (k - g) \cdot \frac{\rho}{1 + g}}{\frac{r}{\rho} \cdot E} \quad (12)$$

Опираясь на факторную модель коэффициента котируемости обыкновенной акции (P/E), построенную автором данной статьи в своих предыдущих работах (например, [2–4]):

$$\begin{aligned} P/E &= \frac{P}{E} = \frac{P}{D} \cdot \frac{D}{E} = \frac{DP}{DY} = \\ &= \frac{\frac{CD}{NP - PD}}{\frac{PD}{DY} - 1} = \\ &= \frac{DCD}{(CPD - 1) \cdot DY}, \end{aligned} \quad (13)$$

получим модель этого коэффициента при нейтральном подходе к дивидендной политике ПАО, также учитывая введенные выше условные обозначения:

$$\begin{aligned} P/E &= \\ &= \frac{DCD \cdot \frac{r}{\rho} \cdot E}{(CPD - 1) \cdot \left(D \cdot \rho - (k - g) \cdot \frac{\rho}{1 + g} \right)}. \end{aligned} \quad (14)$$

Спрогнозированные значения выше приведенных показателей рыночной активности публичного акционерного общества согласно моделям (5), (6), (11), (12) и (14) могут быть проанализированы тем или иным стейкхолдером ПАО,

который заинтересован в его устойчивом развитии. В результате получается прогнозная оценка этого стейкхолдера уровня эффективности управления рыночной активностью данного публичного акционерного общества (высокий, средний, низкий, крайне низкий).

Следует также отметить, что особый интерес представляет, как уже было упомянуто ранее, анализ чувствительности данных показателей к изменению представленных в их моделях основных определяющих факторов, что ведет к повышению результативности анализа и прогнозирования рыночной активности публичного акционерного общества при нейтральном подходе к его дивидендной политике, определяя методологическую основу настоящего исследования.

3.2. Методологическая основа исследования

Методологическую основу исследования составил нейтральный подход к дивидендной политике публичного акционерного общества и концепция анализа чувствительности.

Поскольку нейтральный подход к дивидендной политике публичного акционерного общества был достаточно подробно раскрыт в предыдущем подразделе, обратимся к рассмотрению концепции анализа чувствительности.

Концепция анализа чувствительности к настоящему времени получила широкое распространение и глубоко рассмотрена во многих литературных источниках, в частности Helton et al. [33], Leamer [34], Pannell [35].

Как хорошо известно, анализ чувствительности предназначен для моделирования влияния различных факторов на итоговые показатели в финансовой модели экономической деятельности. Как правило, его используют для установления важнейших параметров моде-

ли, требующих приоритетного внимания в процессе сбора информации и при дальнейшем осуществлении экономической деятельности, анализе и оценке предполагаемых результатов при неполной известности существенных характеристик экономической деятельности, тестировании на предмет выявления способности экономической деятельности выдерживать колебания параметров (например, расчет предельных отклонений этих параметров, приводящих к проблемам в областях финансовой устойчивости и/или рентабельности предприятия).

Необходимо обратить особое внимание на тот факт, что анализ чувствительности, являясь достаточно общим термином, предполагающим решение многих возможных задач и использование значительного числа методов моделирования, в финансовых моделях заключается в более узкой совокупности подходов, представляя собой визуальное отображение зависимости итогового показателя от изменений одного или нескольких параметров в заданном диапазоне.

Вообще чувствительность функции рассматривается как степень изменения функции при заданном абсолютном или относительном изменении аргументов. В экономическом анализе и финансовом менеджменте обычно требуется установить степень чувствительности результативного показателя к изменению определяющих его факторов, что ведет к применению приростного и темпового подходов.

При приростном подходе осуществляется сравнение прироста определяющего фактора и прироста результативного показателя, выражающееся в средней или предельной скоростях изменения функции.

При темповом подходе производится сопоставление темпа прироста определяющего фактора и темпа прироста

результативного показателя, как правило, в процентах.

При этом анализ чувствительности допускает изменение значения лишь одного определяющего фактора при неизменности значений всех остальных определяющих факторов.

Анализ чувствительности является одним из простейших и наиболее распространенных методов анализа риска. С его помощью можно выяснить, какие именно факторы (оцениваемые параметры) можно отнести к наиболее рискованным.

В качестве индикатора чувствительности результативного показателя к изменению определяющих его факторов применяется эластичность, являющаяся мерой реагирования одной переменной величины (функции) на изменение другой (аргумента) и рассчитываемая как предел отношения относительного приращения функции к относительному приращению аргумента при стремлении приращения аргумента к нулю:

$$E_x(y) = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta y}{y} : \frac{\Delta x}{x} \right) = \frac{x}{y} \cdot \frac{dy}{dx}, \quad (15)$$

где $E_x(y)$ — эластичность; $y = f(x)$ — функция; x — аргумент.

Из формулы (15) видно, что эластичность $E_x(y)$ функции $y = f(x)$ прямо пропорциональна производной этой

функции $\frac{dy}{dx}$ и выражает приближенный

процент приращения функции, который соответствует 1 % приращения аргумента.

Реализуется анализ чувствительности в финансовых моделях посредством трех распространенных методов:

- 1) графиков чувствительности, помогающих продемонстрировать зависимость результативного показателя от изменения одного

из определяющих его факторов и показывающих, как изменение одного из определяющих факторов влияет на результативный показатель;

- 2) таблиц чувствительности, отслеживающих изменение результативного показателя при колебаниях двух определяющих факторов;
- 3) диаграмм Торнадо, сосредоточенных только на крайних значениях отклонения изучаемых определяющих факторов и позволяющих на одной такой диаграмме объединить анализ сразу по нескольким определяющим факторам.

3.3. Модели эластичности показателей рыночной активности

Автором разработаны модели эластичностей важнейших показателей рыночной активности публичного акционерного общества (коэффициента дивидендного выхода, коэффициента дивидендного покрытия, ожидаемой цены обыкновенной акции, дивидендной доходности обыкновенной акции и коэффициента котируемости обыкновенной акции) по основным определяющим данным коэффициентам факторам при нейтральном подходе к дивидендной политике, исходя из моделей (5), (6), (11), (12) и (14) названных показателей, применяя формулу (15) и ранее принятые условные обозначения.

Модели эластичностей коэффициента дивидендного выхода публичного акционерного общества по рентабельности ее инвестиций ($E_r(DP)$), рыночному уровню капитализации ($E_p(DP)$), требуемой инвесторами норме прибыли на обыкновенную акцию публичного акционерного общества ($E_k(DP)$) и принимаемому постоянным во времени темпу прироста дивидендов на обыкновенную акцию ($E_g(DP)$)

представлены ниже формулами (16), (17), (18) и (19):

$$E_r(DP) = \frac{r}{DP} \cdot \frac{\partial DP}{\partial r} = \frac{\rho \cdot (1+g) - 1}{k - g} = \frac{\rho \cdot (1+g) + \frac{r}{\rho} - 1}{k - g}, \quad (16)$$

$$E_p(DP) = \frac{\rho}{DP} \cdot \frac{\partial DP}{\partial \rho} = \frac{1 - \frac{2 \cdot \rho \cdot (1+g)}{k - g}}{\frac{\rho \cdot (1+g) + \frac{r}{\rho} - 1}{k - g}}, \quad (17)$$

$$E_k(DP) = \frac{k}{DP} \cdot \frac{\partial DP}{\partial k} = \frac{\frac{k \cdot \rho \cdot (1+g)}{(k - g)^2}}{\frac{\rho \cdot (1+g) + \frac{r}{\rho} - 1}{k - g}}, \quad (18)$$

$$E_g(DP) = \frac{g}{DP} \cdot \frac{\partial DP}{\partial g} = \frac{\frac{g \cdot \rho \cdot (k+1)}{(k - g)^2}}{1 - \frac{r}{\rho} - \frac{\rho \cdot (1+g)}{k - g}}. \quad (19)$$

Модели эластичностей коэффициента дивидендного покрытия публичного акционерного общества по рентабельности ее инвестиций ($E_r(DC)$), рыночному уровню капитализации ($E_p(DC)$), требуемой инвесторами норме прибыли на обыкновенную акцию публичного акционерного общества ($E_k(DC)$) и принимаемому постоянным во времени темпу прироста дивидендов на обыкновенную акцию ($E_g(DC)$) представлены ниже формулами (20), (21), (22) и (23):

$$E_r(DC) = \frac{r}{DC} \cdot \frac{\partial DC}{\partial r} = \frac{\rho - \frac{\rho^2 \cdot (1+g)}{k-g}}{\frac{\rho^2 \cdot (1+g)}{k-g} - \rho + r} \quad (20)$$

$$E_p(DC) = \frac{\rho}{DC} \cdot \frac{\partial DC}{\partial \rho} = \frac{\frac{2\rho^2 \cdot (1+g)}{k-g} - \rho}{\frac{\rho^2 \cdot (1+g)}{k-g} - \rho + r} \quad (21)$$

$$E_k(DC) = \frac{k}{DC} \cdot \frac{\partial DC}{\partial k} = \frac{k \cdot \rho^2 \cdot (1+g)}{(g-k)^2 \cdot \left(\frac{\rho^2 \cdot (1+g)}{k-g} - \rho + r \right)} \quad (22)$$

$$E_g(DC) = \frac{g}{DC} \cdot \frac{\partial DC}{\partial g} = \frac{g \cdot (k+1)}{(k-g)^2 \cdot \left(\left(\frac{\rho \cdot (1+g)}{k-g} - 1 \right) \cdot \frac{\rho}{r} + 1 \right)} \quad (23)$$

Согласно моделям (16–23) на эластичности коэффициентов дивидендного выхода и дивидендного покрытия публичного акционерного общества по рентабельности ее инвестиций рыночному уровню капитализации, требуемой инвесторами норме прибыли на обыкновенную акцию публичного акционерного общества и принимаемому постоянным во времени темпу прироста дивидендов на обыкновенную акцию оказывают влияние следующие факторы: рентабельность инвестиций публичного акционерного общества, рыночный уровень капитализации, требуемая инвесторами норма прибыли на обыкновенную акцию публичного акционерного общества и принимаемый постоянным во вре-

мени темп прироста дивиденда на его обыкновенную акцию. Расчет влияния определяющих факторов на отклонение результивных показателей в моделях (16–23) осуществляется соответствующими методами факторного анализа.

Модели эластичностей ожидаемой цены обыкновенной акции публично-акционерного общества по прибыли на ее обыкновенную акцию ($E_E(P)$), рентабельности инвестиций публичного акционерного общества ($E_r(P)$), рыночному уровню капитализации ($E_p(P)$), требуемой инвесторами норме прибыли на обыкновенную акцию публичного акционерного общества ($E_k(P)$) и принимаемому постоянным во времени темпу прироста дивидендов на обыкновенную акцию ($E_g(P)$) представлены ниже формулами (24), (25), (26), (27) и (28):

$$E_E(P) = \frac{E}{P} \cdot \frac{\partial P}{\partial E} = 1, \quad (24)$$

$$E_r(P) = \frac{r}{P} \cdot \frac{\partial P}{\partial r} = \left(\rho - (k-g) \cdot \frac{1 - \frac{r}{\rho}}{1+g} \right)^2 + \frac{r \cdot (g-k)}{1+g} + \frac{r \cdot (g-k)^2 \cdot \left(1 - \frac{r}{\rho} \right)}{\rho \cdot (1+g)^2}, \quad (25)$$

$$E_p(P) = \frac{\rho}{P} \cdot \frac{\partial P}{\partial \rho} = \frac{\frac{r}{\rho} \cdot \frac{k-g}{1+g} + \frac{(k-g) \cdot \left(1 - \frac{r}{\rho} \right)}{1+g}}{\rho - (k-g) \cdot \frac{1 - \frac{r}{\rho}}{1+g}}, \quad (26)$$

$$E_k(P) = \frac{k}{P} \cdot \frac{\partial P}{\partial k} = \frac{k \cdot \left(1 - \frac{r}{\rho}\right)}{\rho \cdot (1+g) - (k-g) \cdot \left(1 - \frac{r}{\rho}\right)}, \quad (27)$$

$$E_g(P) = \frac{g}{P} \cdot \frac{\partial P}{\partial g} = \frac{g \cdot \rho \cdot (2g-k) \cdot \left(1 - \frac{r}{\rho}\right)}{\left(\rho - (k-g) \cdot \frac{\rho}{1+g}\right) \cdot (1+g)^2}. \quad (28)$$

Модели (25–28) позволяют понять, что на эластичности ожидаемой цены обыкновенной акции публичного акционерного общества по рентабельности ее инвестиций, рыночному уровню капитализации, требуемой инвесторами норме прибыли на обыкновенную акцию публичного акционерного общества и принимаемому постоянным во времени темпу прироста дивидендов на его обыкновенную акцию оказывают влияние следующие факторы: рентабельность инвестиций публичного акционерного общества, рыночный уровень капитализации, требуемая инвесторами норма прибыли на обыкновенную акцию публичного акционерного общества и принимаемый постоянным во времени темп прироста дивиденда на его обыкновенную акцию. Расчет влияния определяющих факторов на отклонение результативных показателей в моделях (25–28) осуществляется соответствующими методами факторного анализа.

Модели эластичностей дивидендной доходности обыкновенной акции публичного акционерного общества по дивиденду и прибыли на его обыкновенную акцию ($E_D(DY)$ и $E_E(DY)$ со-

ответственно), рентабельности инвестиций публичного акционерного общества ($E_r(DY)$), рыночному уровню капитализации ($E_p(DY)$), требуемой инвесторами норме прибыли на обыкновенную акцию публичного акционерного общества ($E_k(DY)$) и принимаемому постоянным во времени темпу прироста дивидендов на его обыкновенную акцию ($E_g(DY)$) представлены ниже формулами (29), (30), (31), (32), (33) и (34):

$$E_D(DY) = \frac{D}{DY} \cdot \frac{\partial DY}{\partial D} = \frac{D \cdot \rho}{D \cdot \rho - (k-g) \cdot \frac{\rho}{1+g}}. \quad (29)$$

$$E_E(DY) = \frac{E}{DY} \cdot \frac{\partial DY}{\partial E} = -1, \quad (30)$$

$$E_r(DY) = \frac{r}{DY} \cdot \frac{\partial DY}{\partial r} = \frac{\frac{k-g}{1+g} - D \cdot \rho}{D \cdot \rho - (k-g) \cdot \frac{\rho}{1+g}}, \quad (31)$$

$$E_p(DY) = \frac{\rho}{DY} \cdot \frac{\partial DY}{\partial \rho} = \frac{2 \cdot D \cdot \rho - \frac{k-g}{1+g} \cdot \left(1 + \frac{2r}{\rho}\right)}{D \cdot \rho - (k-g) \cdot \frac{\rho}{1+g}}, \quad (32)$$

$$E_k(DY) = \frac{k}{DY} \cdot \frac{\partial DY}{\partial k} = \frac{k \cdot \left(\frac{r}{\rho} - 1\right)}{D \cdot \rho \cdot (1+g) - (k-g) \cdot \left(1 - \frac{r}{\rho}\right)}, \quad (33)$$

$$E_g(DY) = \frac{g}{DY} \cdot \frac{\partial DY}{\partial g} = \frac{g \cdot (1+k) \cdot \left(1 - \frac{r}{\rho}\right)}{D \cdot \rho \cdot (1+g)^2 - (k-g) \cdot \left(1 - \frac{r}{\rho}\right) \cdot (1+g)} \quad (34)$$

В соответствии с моделями (29) и (31–34) на эластичности дивидендной доходности обыкновенной акции публичного акционерного общества по дивиденду на его обыкновенную акцию, рентабельности инвестиций публичного акционерного общества, рыночному уровню капитализации, требуемой инвесторами норме прибыли на обыкновенную акцию публичного акционерного общества и принимаемому постоянным во времени темпу прироста дивидендов на его обыкновенную акцию оказывают влияние следующие факторы: дивиденд на обыкновенную акцию публичного акционерного общества, рентабельность ее инвестиций, рыночный уровень капитализации, требуемая инвесторами норма прибыли на обыкновенную акцию публичного акционерного общества и принимаемый постоянным во времени темп прироста дивиденда на его обыкновенную акцию. Расчет влияния определяющих факторов на отклонение результативных показателей в моделях (29) и (31–34) осуществляется соответствующими методами факторного анализа.

Модели эластичности коэффициента котируемости обыкновенной акции публичного акционерного общества по дивиденду и прибыли на его обыкновенную акцию ($E_D(P/E)$ и $E_E(P/E)$ соответственно), коэффициенту соотношения дивидендов по обыкновенным и привилегированным акциям публичного акционерного общества ($E_{DCD}(P/E)$), коэффициенту покрытия его дивидендов по привилегированным акциям ($E_{CPD}(P/E)$), рентабельности инвестиций публичного акционерного общества

($E_r(P/E)$), рыночному уровню капитализации ($E_p(P/E)$), требуемой инвесторами норме прибыли на обыкновенную акцию публичного акционерного общества ($E_k(P/E)$) и принимаемому постоянным во времени темпу прироста дивидендов на его обыкновенную акцию ($E_g(P/E)$) представлены ниже формулами (35), (36), (37), (38), (39), (40), (41) и (42):

$$E_D(P/E) = \frac{D}{(P/E)} \cdot \frac{\partial(P/E)}{\partial D} = \frac{D \cdot \rho}{1 - \frac{r}{(k-g) \cdot \frac{\rho}{1+g} - D \cdot \rho}} \quad (35)$$

$$E_E(P/E) = \frac{E}{(P/E)} \cdot \frac{\partial(P/E)}{\partial E} = 1 \quad (36)$$

$$E_{DCD}(P/E) = \frac{DCD}{(P/E)} \cdot \frac{\partial(P/E)}{\partial DCD} = 1 \quad (37)$$

$$E_{CPD}(P/E) = \frac{CPD}{(P/E)} \cdot \frac{\partial(P/E)}{\partial CPD} = \frac{CPD}{1 - CPD} \quad (38)$$

$$E_r(P/E) = \frac{r}{(P/E)} \cdot \frac{\partial(P/E)}{\partial r} = \frac{D \cdot \rho - \frac{k-g}{1+g} \cdot \left(1 - \frac{2r}{\rho}\right)}{1 - \frac{r}{D \cdot \rho - (k-g) \cdot \frac{\rho}{1+g}}} \quad (39)$$

$$E_p(P/E) = \frac{\rho}{(P/E)} \cdot \frac{\partial(P/E)}{\partial \rho} = \frac{\frac{k-g}{1+g} - 2 \cdot D \cdot \rho}{1 - \frac{r}{D \cdot \rho - (k-g) \cdot \frac{\rho}{1+g}}} \quad (40)$$

$$E_k(P/E) = \frac{k}{(P/E)} \cdot \frac{\partial(P/E)}{\partial k} = \frac{k \cdot \left(1 - \frac{r}{\rho}\right)}{(1+g) \cdot \left(D \cdot \rho - (k-g) \cdot \frac{\rho}{1+g}\right)}, \quad (41)$$

$$E_g(P/E) = \frac{g}{(P/E)} \cdot \frac{\partial(P/E)}{\partial g} = \frac{g \cdot (k+1) \cdot \left(\frac{r}{\rho} - 1\right)}{(1+g)^2 \cdot \left(D \cdot \rho - (k-g) \cdot \frac{\rho}{1+g}\right)}. \quad (42)$$

Исходя из формул (35) и (38–42), на эластичности коэффициента котируемости обыкновенной акции публичного акционерного общества по дивиденду на его обыкновенную акцию, коэффициенту покрытия дивидендов публичного акционерного общества по привилегированным акциям, рентабельности его инвестиций, рыночному уровню капитализации, требуемой инвесторами норме прибыли на обыкновенную акцию публичного акционерного общества и принимаемому постоянным во времени темпу прироста дивидендов на его обыкновенную акцию оказывают влияние следующие факторы: дивиденд на обыкновенную акцию публичного акционерного общества, коэффициент покрытия дивидендов по ее привилегированным акциям, рентабельность инвестиций публичного акционерного общества, рыночный уровень капитализации, требуемая инвесторами норма прибыли на обыкновенную акцию публичного акционерного общества и принимаемый постоянным во времени темп прироста дивиденда на его обыкновенную акцию.

Расчет влияния определяющих факторов на отклонение результативных показателей в моделях (35) и (38–42) осуществляется соответствующими методами факторного анализа.

4. Результаты

Достаточная сложность разработанных автором моделей эластичностей важнейших показателей активности публичного акционерного общества на фондовом рынке по основным определяющим их факторам при нейтральном подходе к дивидендной политике делает затруднительным определение направления влияния указанных факторов на соответствующие результативные показатели без рассмотрения примера практического использования данных моделей на конкретном цифровом материале.

Применим разработанные автором модели эластичностей важнейших показателей активности публичного акционерного общества на фондовом рынке по основным определяющим их факторам при нейтральном подходе к дивидендной политике (16–42) к соответствующим данным ПАО «Гамма»¹, исходя из предположения, что оно ориентируется на нейтральный подход к дивидендной политике.

Значения некоторых показателей публичного акционерного общества «Гамма» на конец 2022 года представлены в табл. 2.

Опираясь на содержащиеся в табл. 2 данные, были рассчитаны согласно моделям (16–42) значения эластичностей важнейших показателей активности ПАО «Гамма» на фондовом рынке (ожидаемой рыночной цены обыкновенной акции (P), коэффициента дивидендного выхода (DP), коэффициента дивидендного покрытия (DC), дивидендной доходности обыкновенной акции (DY), коэффициента котируемости обыкновенной акции

¹ URL: <https://spark-interfax.ru>

(P/E) по основным определяющим их факторам (рентабельности инвестиций публичного акционерного общества (r), рыночному уровню капитализации (ρ), норме прибыли, требуемой инвесторами на обыкновенную акцию публичного акционерного общества (k), принимаемому постоянным во времени темпу прироста дивиденда на обыкновенную акцию

(g), дивиденду на обыкновенную акцию (D), прибыли на обыкновенную акцию (E), коэффициенту соотношения дивидендов по обыкновенным и привилегированным акциям (DCD), коэффициенту покрытия дивидендов по привилегированным акциям (CPD)).

Рассчитанные значения представлены в табл. 3.

Таблица 2. Значения некоторых показателей ПАО «Гамма» на конец 2022 г.

Table 2. Values of some indicators of PJSC Gamma at the end of 2022

Показатель	Значение
Рентабельность инвестиций публичного акционерного общества (r), %	23,9
Рыночный уровень капитализации (ρ), %	15,3
Норма прибыли, требуемая инвесторами на обыкновенную акцию публичного акционерного общества (k), %	12
Темп прироста дивиденда на обыкновенную акцию (принимается постоянным во времени) (g), %	5
Прибыль на обыкновенную акцию (E), руб.	157,48
Дивиденд на обыкновенную акцию (D), руб.	86,14
Коэффициент соотношения дивидендов по обыкновенным и привилегированным акциям (DCD)	23
Коэффициент покрытия дивидендов по привилегированным акциям (CPD)	60
Ожидаемая рыночная цена обыкновенной акции (P), руб.	1294,73
Коэффициент дивидендного выхода (DP), %	54,7
Коэффициент дивидендного покрытия (DC)	1,829
Дивидендная доходность обыкновенной акции (DY), %	5,4
Коэффициент котируемости обыкновенной акции (P/E)	7,256

Источник: составлено автором.

Таблица 3. Значения эластичностей важнейших показателей активности ПАО «Гамма» на фондовом рынке по основным определяющим их факторам

Table 3. Elasticity values of the most important indicators of the activity of Gamma PJSC on the stock market according to their main determining factors

Показатель	Определяющие факторы							
	r	ρ	k	g	D	E	DCD	CPD
P	0,016	-0,453	-0,335	0,00041	—	1	—	—
DP	0,453	-1,257	1,337	-0,612	—	—	—	—

Окончание табл. 3

Показатель	Определяющие факторы							
	<i>r</i>	ρ	<i>k</i>	<i>g</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>DCD</i>	<i>CPD</i>
<i>DC</i>	-0,453	1,256	1,401	6,249	—	—	—	—
<i>DY</i>	-0,992	1,974	0,005	-0,002	0,997	-1	—	—
<i>P/E</i>	1,008	-1,989	-0,005	0,002	-0,997	1	1	-1,017

Источник: составлено автором.

Значения эластичностей важнейших показателей активности публичного акционерного общества «Гамма» на фондовом рынке по основным определяющим их факторам приблизительно показывают, на сколько процентов в сторону увеличения («+») или уменьшения («-») изменится значение того или иного важнейшего показателя в зависимости от приращения на 1 % значения того или иного определяющего его фактора.

Для большей наглядности в табл. 4 показаны ожидаемые процентные изменения значений важнейших показателей

активности ПАО «Гамма» на фондовом рынке в случае увеличения/уменьшения значения каждого из основных определяющих их факторов в отдельности (при неизменности значений всех остальных факторов) на 10 %.

Тогда прогнозные значения важнейших показателей активности публичного акционерного общества «Гамма» на фондовом рынке в случае увеличения/уменьшения значения каждого из основных определяющих их факторов в отдельности (при неизменности значений всех остальных факторов) на 10 % можно свести в табл. 5.

Таблица 4. Процентные изменения значений важнейших показателей активности ПАО «Гамма» на фондовом рынке в случае увеличения/уменьшения значения каждого из основных определяющих их факторов в отдельности (при неизменности значений всех остальных факторов) на 10 %

Table 4. Percentage changes in the values of the most important indicators of the activity of PJSC Gamma on the stock market in the case of an increase/decrease in the value of each of the main factors determining them separately (with the values of all other factors remaining unchanged) by 10 %

Показатель	Определяющие факторы							
	<i>r</i>	ρ	<i>k</i>	<i>g</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>DCD</i>	<i>CPD</i>
<i>P</i>	+0,16	-4,53	-3,35	+0,0041	—	+10	—	—
	-0,16	+4,53	+3,35	-0,0041	—	-10	—	—
<i>DP</i>	+4,53	-12,57	+13,37	-6,12	—	—	—	—
	-4,53	+12,57	-13,37	+6,12	—	—	—	—
<i>DC</i>	-4,53	+12,56	+14,01	+62,49	—	—	—	—
	+4,53	-12,56	-14,01	-62,49	—	—	—	—
<i>DY</i>	-9,92	+19,74	+0,05	-0,02	+9,97	-10	—	—
	+9,92	-19,74	-0,05	+0,02	-9,97	+10	—	—

Окончание табл. 4

Показатель	Определяющие факторы							
	<i>r</i>	ρ	<i>k</i>	<i>g</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>DCD</i>	<i>CPD</i>
<i>P/E</i>	<u>+10,08</u> -10,08	<u>-19,89</u> +19,89	<u>-0,05</u> +0,05	<u>+0,02</u> -0,02	<u>-9,97</u> +9,97	<u>+10</u> -10	<u>+10</u> -10	<u>-10,17</u> +10,17

Источник: составлено автором.

Таблица 5. Прогнозные значения важнейших показателей активности ПАО «Гамма» на фондовом рынке в случае увеличения/уменьшения значения каждого из основных определяющих их факторов в отдельности (при неизменности значений всех остальных факторов) на 10 %

Table 5. Forecast values of the most important indicators of the activity of Gamma PJSC on the stock market in the event of an increase/decrease in the value of each of their main determining factors separately (with the values of all other factors remaining unchanged) by 10 %

Показатель	Определяющие факторы							
	<i>r</i>	ρ	<i>k</i>	<i>g</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>DCD</i>	<i>CPD</i>
<i>P</i> , руб.	<u>1296,80</u> 1292,66	<u>1236,08</u> 1353,38	<u>1251,36</u> 1338,10	<u>1294,78</u> 1294,66	—	<u>1424,20</u> 1165,26	—	—
<i>DP</i> , %	<u>57,2</u> 52,2	<u>47,8</u> 61,6	<u>62,0</u> 47,4	<u>51,3</u> 58,0	—	—	—	—
<i>DC</i>	<u>1,746</u> 1,912	<u>2,059</u> 1,599	<u>2,085</u> 1,573	<u>2,972</u> 0,686	—	—	—	—
<i>DY</i> , %	<u>4,864</u> 5,936	<u>6,466</u> 4,334	<u>5,403</u> 5,397	<u>5,399</u> 5,401	<u>5,938</u> 4,862	<u>4,86</u> 5,94	—	—
<i>P/E</i>	<u>7,987</u> 6,525	<u>5,813</u> 8,699	<u>7,252</u> 7,260	<u>7,257</u> 7,255	<u>6,533</u> 7,979	<u>7,982</u> 6,530	<u>7,982</u> 6,530	<u>6,518</u> 7,994

Источник: составлено автором.

Завершая рассмотрение приведенного выше примера, следует отметить, что он позволяет в условиях нейтрального подхода к дивидендной политике публичного акционерного общества не только определить для конкретного ПАО степень чувствительности значений важнейших показателей его активности на фондовом рынке к изменению значений основных определяющих их факторов, но и направление влияния указанных факторов на важнейшие показатели дивидендной политики в сторону увеличения или уменьшения их значений.

Все это позволяет прогнозировать значения важнейших показателей активности конкретного публичного акционерного общества на фондовом рынке в случае увеличения/уменьшения значения каждого из основных определяющих их факторов в отдельности (при неизменности значений всех остальных факторов) на заданное количество процентов, если данное ПАО придерживается нейтрального подхода к дивидендной политике.

Кроме того, построенные автором данной статьи модели эластично-

стей важнейших показателей активности публичного акционерного общества на фондовом рынке по основным определяющим их факторам (16–42) могут быть использованы в качестве инструментов управления значениями данных эластичностей путем регулирования значений определяющих их факторов при нейтральном подходе к дивидендной политике данного ПАО.

5. Обсуждение

Рассмотренные в данной статье результаты, связанные с разработкой моделей эластичностей важнейших показателей активности публичного акционерного общества на фондовом рынке по основным определяющим их факторам (16–42) при нейтральном подходе к осуществлению дивидендной политики данного ПАО, могут быть охарактеризованы как принципиально новые, не имеющие аналогов разработки по данной проблеме и подтверждающие выдвинутую ранее гипотезу.

Принципиальная новизна авторских наработок определяется тем обстоятельством, что нейтральный подход к дивидендной политике публичного акционерного общества был сформулирован, а лежащие в его основе модели (5), (6), (11), (12) и (14) были разработаны вторым данной статьи [2–4].

Сфокусируем внимание на достоинствах разработанных моделей эластичностей. Данные модели:

- ориентированы на поддержание баланса интересов всех стейкхолдеров публичного акционерного общества, способствуя его устойчивому развитию;
- основаны на неоднократно опробованной и проверенной методологии;
- характеризуются объективностью и рациональностью;
- дают возможности расчета влияния определяющих факторов на откло-

нение определяемых ими результативных показателей соответствующими методами факторного анализа;

- являются результативными инструментами анализа и прогнозирования значений важнейших показателей рыночной активности публичного акционерного общества, что позволяет рационализировать и усовершенствовать процесс управления им.

В то же время следует отметить и наличие определенных ограничений разработанных моделей эластичности важнейших показателей активности публичного акционерного общества.

Во-первых, в соответствии с данными моделями изменение значения каждого из основных факторов, определяющих важнейшие показатели активности ПАО на фондовом рынке, принимается в расчет в отдельности (изолировано), то есть при неизменности значений всех остальных факторов.

Во-вторых, эти модели ориентированы на постоянство темпа прироста дивидендов на обыкновенную акцию ПАО.

В-третьих, они исходят из достаточно высокой эффективности рынка ценных бумаг.

Работа по преодолению указанных ограничений будет предметом дальнейших исследований.

6. Заключение

Подводя черту под рассмотрением моделей эластичностей важнейших показателей активности публичного акционерного общества на фондовом рынке по основным определяющим их факторам при нейтральном подходе к его дивидендной политике, которые подтверждают достижение цели данного исследования, сформулируем следующие выводы:

- 1) к важнейшим показателям активности публичного акционерного обще-

ства на фондовом рынке при нейтральном подходе к его дивидендной политике следует отнести коэффициент дивидендного выхода, коэффициент дивидендного покрытия, ожидаемую цену обыкновенной акции, дивидендную доходность обыкновенной акции и коэффициент котируемости обыкновенной акции;

2) модели эластичностей построены на основе разработанных ранее автором моделей этих показателей;

3) построение данных моделей предполагало использование хорошо известного и неоднократно опробованного математического аппарата анализа чувствительности, связанного с расчетом эластичностей результативных показателей по определяющим их факторам;

4) к основным факторам, определяющим важнейшие показатели активности публичного акционерного общества на фондовом рынке в условиях нейтрального подхода к его дивидендной политике, относятся рентабельность инвестиций ПАО, рыночный уровень капитализации, требуемая инвесторами норма прибыли на обыкновенную акцию ПАО, принимаемый постоянным во времени темп прироста дивиденда на обыкновенную акцию, дивиденд на обыкновенную акцию, прибыль на обыкновенную акцию, коэффициент соотношения дивидендов по обыкновенным и привилегированным акциям, а также коэффициент покрытия дивидендов по привилегированным акциям;

5) построенные модели позволяют определить значения эластичностей важнейших показателей активности публичного акционерного общества на фондовом рынке по основным определяющим их факторам при нейтральном подходе к его дивидендной политике и приближенно показывают, на сколько процентов в сторону увеличения или уменьшения изменится значение того или иного важнейшего показателя в зависимости

от приращения на 1 % значения того или иного определяющего его фактора;

6) эти модели могут быть использованы в качестве достаточно действенных инструментов анализа и прогнозирования, а следовательно, и управления рыночной активностью публичного акционерного общества при нейтральном подходе к его дивидендной политике.

В качестве основных направлений дальнейших исследований моделирования эластичностей важнейших показателей активности публичного акционерного общества на фондовом рынке (рыночной активности) по основным определяющим факторам при нейтральном подходе к его дивидендной политике могут рассматриваться:

Во-первых, разработка подобного рода моделей при изменяющемся темпе прироста дивидендов на обыкновенную акцию публичного акционерного общества.

Во-вторых, построение моделей эластичностей важнейших показателей активности публичного акционерного общества на фондовом рынке по нескольким основным определяющим их факторам, действующим совместно, взаимосвязанно и одновременно, при нейтральном подходе к дивидендной политике: коэффициента дивидендного выхода, коэффициента дивидендного покрытия, ожидаемой цены обыкновенной акции, дивидендной доходности обыкновенной акции и коэффициента котируемости обыкновенной акции — на основе моделей перечисленных показателей.

В-третьих, вывод расчетных формул, позволяющих определить влияние на отклонение эластичностей важнейших показателей активности публичного акционерного общества на фондовом рынке по каждому определяющему их фактору, действующему изолированно, и по нескольким основным определяющим их факторам, действующим совместно и одновременно, при нейтраль-

ном подходе к дивидендной политике: коэффициента дивидендного выхода, коэффициента дивидендного покрытия, ожидаемой цены обыкновенной акции, дивидендной доходности обыкновенной акции и коэффициента котируемости обыкновенной акции — опираясь на соответствующие модели.

В-четвертых, компьютеризация сформированных автором моделей эла-

стичностей важнейших показателей активности публичного акционерного общества на фондовом рынке по основным определяющим их факторам при нейтральном подходе к дивидендной политике с целью более результативного использования данных моделей на практике в процессе управления рыночной активностью публичного акционерного общества.

Список использованных источников

1. Global Reporting Initiative (GRI). G4 Sustainability Reporting Guidelines. New York: EYGM Limited, 2013. URL: <https://respect.international/g4-sustainability-reporting-guidelines-implementation-manual/>
2. Крылов С. И. Моделирование показателей дивидендной политики в условиях нейтрального подхода к ее осуществлению // Вестник УрФ У. Серия экономика и управление. 2019. Т. 18, № 3. С. 394–411. <http://dx.doi.org/10.15826/vestnik.2018.17.3.020>
3. Krylov S. Company Dividend Policy Modeling: Neutral Approach // International Journal of Financial Research. 2021. Vol. 12, Issue 1. Pp. 50–59. <https://doi.org/10.5430/ijfr.v12n1p50>
4. Krylov S. Neutral Approach at Dividend Policy Modeling // In: Encyclopedia of Information Science and Technology. Sixth Edition. Edited by M. Khosrow-Pour. IGI Global, 2025. <https://doi.org/10.4018/978-1-6684-7366-5.ch008>
5. Brealey R. A., Myers S. C., Allen F. Principles of Corporate Finance. 10th edition. New York: McGraw-Hill/Irwin, 2011. URL: https://marcelodelfino.net/files/Brealey_Myers_y_Allen_2009_Principles_of_corporate_finance.pdf
6. Van Horne J. C., Wachowicz J. M. Fundamentals of Financial Management. 12th edition. Harlow: Pearson Education Limited, 2005. URL: https://elearn.daffodilvarsity.edu.bd/pluginfile.php/913213/mod_resource/content/5/Fundamentals%20of%20Financial%20Management.pdf
7. Beaver W., Morse D. What Determines Price-Earnings Ratios? // Financial Analysts Journal. 1978. Vol. 34, Issue 4. Pp. 65–76. <https://doi.org/10.2469/FAJV34.N4.65>
8. Aharony J., Swary I. Quarterly Dividend and Earnings Announcements and Stockholders' Returns: An Empirical Analysis // Journal of Finance. 1980. Vol. 35, No. 1. Pp. 1–12. <https://doi.org/10.2307/2327176>
9. Woolridge J. R. Dividend Changes and Stock Price // Journal of Finance. 1983. Vol. 38, No. 5. Pp. 1607–1615. <https://doi.org/10.2307/2327590>
10. Dielman T. E., Oppenheimer H. R. An Examination of Investor Behavior During Periods of Large Dividend Changes // Journal of Financial and Quantitative Analysis. 1984. Vol. 19, No. 2. Pp. 197–216. <https://doi.org/10.2307/2330898>
11. DeAngelo H., De Angelo L., Skinner D. J. Dividends and Losses // Journal of Finance. 1992. Vol. 47, No. 5. Pp. 1837–1863. <https://doi.org/10.1111/J.1540-6261.1992.TB04685.X>
12. Kalay A., Loewenstein U. The Informational Content of the Timing of Dividend Announcements // Journal of Financial Economics. 1986. Vol. 16, Issue 3. Pp. 373–388. [https://doi.org/10.1016/0304-405X\(86\)90035-8](https://doi.org/10.1016/0304-405X(86)90035-8)
13. Ofer A. R., Siegel D. R. Corporate Financial Policy, Information, and Market Expectations: An Empirical Investigation of Dividends // Journal of Finance. 1987. Vol. 42, No. 4. Pp. 889–911. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1540-6261.1987.tb03918.x>
14. Jensen G. R., Johnson J. M. The Dynamics of Corporate Dividend Reductions // Financial Management. 1995. Vol. 24, No. 4. Pp. 31–51. <https://doi.org/10.2307/3665949>

15. *Dontoh A., Livnat J., Todd R.* An international comparison of earnings/price ratios, estimation risk and growth // *Japan and the World Economy*. 1993. Vol. 5, Issue 1. Pp. 27–49. [https://doi.org/10.1016/0922-1425\(93\)90026-Z](https://doi.org/10.1016/0922-1425(93)90026-Z)
16. *Easton P. D., Harris T. S.* Earnings as an Explanatory Variable for Returns // *Journal of Accounting Research*. 1991. Vol. 29, No. 1. Pp. 19–36. <https://doi.org/10.2307/2491026>
17. *Zacks L.* EPS Forecasts — Accuracy Is Not Enough // *Financial Analysts Journal*. 1979. Vol. 35, Issue 2. Pp. 53–55. <https://doi.org/10.2469/faj.v35.n2.53>
18. *Pattell J. M., Wolfson M. A.* The Intraday Speed of Adjustment of Stock Prices to Earnings and Dividend Announcements // *Journal of Financial Economics*. 1984. Vol. 13, Issue 2. Pp. 223–252. [https://doi.org/10.1016/0304-405X\(84\)90024-2](https://doi.org/10.1016/0304-405X(84)90024-2)
19. *Akhigbe A., Madura J.* Dividend Policy and Corporate Performance // *Journal of Business Finance and Accounting*. 1996. Vol. 23. Pp. 1267–1289. <https://doi.org/10.1111/1468-5957.00079>
20. *Ang J. S., Cole R. A., Lin J. W.* Agency Costs and Ownership Structure // *Journal of Finance*. 2000. Vol. 55, No. 1. Pp. 81–106. <https://doi.org/10.1111/0022-1082.00201>
21. *Black F.* The Dividend Puzzle // *Journal of Portfolio Management*. 1976. Vol. 2, Issue 2. Pp. 5–8. <http://dx.doi.org/10.3905/jpm.1976.408558>
22. *Brooks R. M.* Changes in Asymmetric Information at Earnings and Dividend Announcements // *Journal of Business Finance & Accounting*. 1996. Vol. 23, Issue 3. Pp. 359–370. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1468-5957.1996.tb01127.x>
23. *Fama E. F., French K. R.* Business Conditions and Expected Returns on Stocks and Bonds // *Journal of Financial Economics*. 1989. Vol. 25. Pp. 23–49. [https://doi.org/10.1016/0304-405X\(89\)90095-0](https://doi.org/10.1016/0304-405X(89)90095-0)
24. *Goetzmann W. N., Jorion P.* A Longer Look at Dividend Yields // *Journal of Business*. 1995. Vol. 68, No. 4. Pp. 483–508. URL: <https://www.jstor.org/stable/2353143>
25. *Hauser R.* Did Dividend Policy Change During the Financial Crisis? // *Managerial Finance*. 2013. Vol. 39, Issue 6. Pp. 584–606. <http://dx.doi.org/10.1108/03074351311322861>
26. *McLaney E. J.* *Business Finance for Decision Makers*. London: Pitman Publishing, 1992. 374 p. URL: [https://mis.kp.ac.rw/admin/admin_panel/kp_lms/files/digital/Core%20Books/Finance/Business%20Finance_%20Theory%20and%20Practice%20\(%20PDFDrive%20\).pdf](https://mis.kp.ac.rw/admin/admin_panel/kp_lms/files/digital/Core%20Books/Finance/Business%20Finance_%20Theory%20and%20Practice%20(%20PDFDrive%20).pdf)
27. *Petit R. R.* Dividend Announcement, Security Performance and Capital Market Efficiency // *Journal of Finance*. 1972. Vol. 27, No. 5. Pp. 993–1007. <https://doi.org/10.2307/2978844>
28. *Miller M. H., Modigliani F.* Dividend Policy, Growth and the Valuation of Share // *Journal of Business*. 1961. Vol. 34, No. 4. Pp. 411–433. <http://dx.doi.org/10.1086/294442>
29. *Walter J. E.* Dividend Policies and Common Stock Prices // *Journal of Finance*. 1956. Vol. 11, No. 1. Pp. 29–41. <https://doi.org/10.2307/2976527>
30. *Gordon M. J.* Optimal Investment and Financial Policy // *Journal of Finance*. 1963. Vol. 18, No. 2. Pp. 264–272. <https://doi.org/10.2307/2977907>
31. *Lintner J.* Dividend, Earnings, Leverage, Stock Prices and the Supply of Capital to Corporations // *The Review of Economics and Statistics*. 1962. Vol. 44, No. 3. Pp. 243–269. <https://doi.org/10.2307/1926397>
32. *Gordon M. J.* Dividends, Earnings and Stock Prices // *The Review of Economics and Statistics*. 1959. Vol. 41, No. 2. Pp. 99–105. <https://doi.org/10.2307/1927792>
33. *Helton J. C., Johnson J. D., Salaberry C. J., Storlie C. B.* Survey Of Sampling Based Methods for Uncertainty and Sensitivity Analysis // *Reliability Engineering and System Safety*. 2006. Vol. 91, Issue 10–11. Pp. 1175–1209. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2005.11.017>
34. *Leamer E. E.* Sensitivity Analyses Would Help // *American Economic Review*. 1985. Vol. 75, No. 3. Pp. 308–313. URL: <https://www.jstor.org/stable/1814801>
35. *Pannell D. J.* Sensitivity Analysis of Normative Economic Models: Theoretical Framework and Practical Strategies // *Agricultural Economics*. 1997. Vol. 16, Issue 2. Pp. 139–152. [https://doi.org/10.1016/S0169-5150\(96\)01217-0](https://doi.org/10.1016/S0169-5150(96)01217-0)

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Крылов Сергей Иванович

Доктор экономических наук, профессор кафедры финансового и налогового менеджмента Уральского федерального университета имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия (620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19); ORCID <https://orcid.org/0000-0001-6750-085X> e-mail: zali6770@yandex.ru

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ

Крылов С. И. Анализ чувствительности показателей рыночной активности корпорации при нейтральном подходе к дивидендной политике // Journal of Applied Economic Research. 2024. Т. 23, № 1. С. 180–205. <https://doi.org/10.15826/vestnik.2024.23.1.008>

ИНФОРМАЦИЯ О СТАТЬЕ

Дата поступления 8 декабря 2023 г.; дата поступления после рецензирования 10 января 2024 г.; дата принятия к печати 23 января 2024 г.

Analysis of the Sensitivity of the Corporation's Market Activity Indicators with a Neutral Approach to the Dividend Policy

Sergey I. Krylov  

Ural Federal University

named after the First President of Russia B. N. Yeltsin,

Yekaterinburg, Russia

 zali6770@yandex.ru

Abstract. Under the conditions of a modern developed market economy, a fairly important characteristic of the activities of a public joint stock company (PJSC) is its activity on the stock market (market activity). This involves the development of a dividend policy, which, on the one hand, should contribute to achieving the main goal of financial management – maximizing the material well-being of shareholders, and, on the other hand, take into account the interests of all other stakeholders interested in the activities of the PJSC (including potential investors) to ensure its sustainable development in the long term. Fulfillment of this requirement is possible only within the framework of a neutral approach to the dividend policy of the public joint stock company. In this regard, the purpose of the research is to study the market activity of a public joint stock company by analyzing the sensitivity of its most important indicators to their main determining factors under the conditions of a neutral approach to the implementation of dividend policy. The working hypothesis is to consider the possibility of using the relevant elasticity models as tools for analyzing the sensitivity of the most important indicators of market activity of PJSCs to their main determining factors under the conditions of a neutral approach to the implementation of dividend policy. The generated elasticity models of the most important indicators of market activity are expected to be used in forecasting and analytical assessments of changes in their values. In addition, they will make it possible to reveal the reasons for these changes by determining the influence on the elasticity data of the determining factors included in their models through appropriate methods and techniques of factor analysis with a neutral approach to the dividend policy of a public joint stock company. The author concludes that the elasticity models he developed for the most important indicators of the activity of a public joint stock company on the stock market are sufficiently effective to change their main determining factors as tools for managing the market activity of a public joint stock company with a neutral approach to its dividend policy.

Key words: sensitivity analysis; elasticity; modeling; market activity; neutral approach; dividend policy; public joint stock company.

JEL C15, G32, G34, G35

References

1. Global Reporting Initiative (GRI). (2013). *G4 Sustainability Reporting Guidelines*. New York, EYGM Limited. Available at: <https://respect.international/g4-sustainability-reporting-guidelines-implementation-manual/>
2. Krylov, S.I. (2019). Modeling dividend policy indicators under conditions of a neutral approach to its implementation. *Bulletin of Ural Federal University. Series Economics and Management*, Vol. 18, No. 3, 394–411. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.15826/vestnik.2018.17.3.020>
3. Krylov, S. (2021). Company Dividend Policy Modeling: Neutral Approach. *International Journal of Financial Research*, Vol. 12, Issue 1, 50–59. <https://doi.org/10.5430/ijfr.v12n1p50>

4. Krylov, S. (2025). Neutral Approach at Dividend Policy Modeling. In: *Encyclopedia of Information Science and Technology*, Sixth Edition. Edited by M. Khosrow-Pour. IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-6684-7366-5.ch008>
5. Brealey, R., Myers, S., Allen F. (2011). *Principles of Corporate Finance*. 10th edition. New York, McGraw-Hill/Irwin. Available at: https://marcelodelfino.net/files/Brealey_Myers_v_Allen_2009_Principles_of_corporate_finance.pdf
6. Van Horne, J.C., Wachowicz, J.M. (2005). *Fundamentals of Financial Management*. 12th edition. Harlow, Pearson Education Limited. Available at: https://elearn.daffodilvarsity.edu.bd/pluginfile.php/913213/mod_resource/content/5/Fundamentals%20of%20Financial%20Management.pdf
7. Beaver, W., Morse, D. (1978). What Determines Price-Earnings Ratios? *Financial Analysts Journal*, Vol. 34, Issue 4, 65–76. <https://doi.org/10.2469/FAJ.V34.N4.65>
8. Aharony, J., Swary, I. (1980). Quarterly Dividend and Earnings Announcements and Stockholders' Returns: An Empirical Analysis. *Journal of Finance*, Vol. 35, No. 1, 1–12. <https://doi.org/10.2307/2327176>
9. Woolridge, J.R. (1983). Dividend Changes and Stock Price. *Journal of Finance*, Vol. 38, No. 5, 1607–1615. <https://doi.org/10.2307/2327590>
10. Dielman, T.E., Oppenheimer, H.R. (1984). An Examination of Investor Behavior During Periods of Large Dividend Changes. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, Vol. 19, No. 2, 197–216. <https://doi.org/10.2307/2330898>
11. DeAngelo, H., De Angelo, L., Skinner, D.J. (1992). Dividends and Losses. *Journal of Finance*, Vol. 47, No. 5, 1837–1863. <https://doi.org/10.1111/J.1540-6261.1992.TB04685.X>
12. Kalay, A., Loewenstein, U. (1986). The Informational Content of the Timing of Dividend Announcements. *Journal of Financial Economics*, Vol. 16, Issue 3, 373–388. [https://doi.org/10.1016/0304-405X\(86\)90035-8](https://doi.org/10.1016/0304-405X(86)90035-8)
13. Ofer, A.R., Siegel, D.R. (1987). Corporate Financial Policy, Information, and Market Expectations: An Empirical Investigation of Dividends. *Journal of Finance*, Vol. 42, No. 4, 889–911. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1540-6261.1987.tb03918.x>
14. Jensen, G.R., Johnson, J.M. (1995). The Dynamics of Corporate Dividend Reductions. *Financial Management*, Vol. 24, No. 4, 31–51. <https://doi.org/10.2307/3665949>
15. Dontoh, A., Livnat, J., Todd, R. (1993). An international comparison of earnings/price ratios, estimation risk and growth. *Japan and the World Economy*, Vol. 5, Issue 1, 27–49. [https://doi.org/10.1016/0922-1425\(93\)90026-Z](https://doi.org/10.1016/0922-1425(93)90026-Z)
16. Easton, P.D., Harris, T.S. (1991). Earnings as an Explanatory Variable for Returns. *Journal of Accounting Research*, Vol. 29, No. 1, 19–36. <https://doi.org/10.2307/2491026>
17. Zacks, L. (1979). EPS Forecasts — Accuracy Is Not Enough. *Financial Analysts Journal*, Vol. 35, Issue 2, 53–55. <https://doi.org/10.2469/faj.v35.n2.53>
18. Pattell, J.M., Wolfson, M.A. (1984). The Intraday Speed of Adjustment of Stock Prices to Earnings and Dividend Announcements. *Journal of Financial Economics*, Vol. 13, Issue 2, 223–252. [https://doi.org/10.1016/0304-405X\(84\)90024-2](https://doi.org/10.1016/0304-405X(84)90024-2)
19. Akhigbe, A., Madura, J. (1996). Dividend Policy and Corporate Performance. *Journal of Business Finance and Accounting*, Vol. 23, 1267–1289. <https://doi.org/10.1111/1468-5957.00079>
20. Ang, J.S., Cole, R.A., Lin, J.W. (2000). Agency Costs and Ownership Structure. *Journal of Finance*, Vol. 55, No. 1, 81–106. <https://doi.org/10.1111/0022-1082.00201>
21. Black, F. (1976). The Dividend Puzzle. *Journal of Portfolio Management*, Vol. 2, Issue 2, 5–8. <http://dx.doi.org/10.3905/jpm.1976.408558>
22. Brooks, R.M. (1996). Changes in Asymmetric Information at Earnings and Dividend Announcements. *Journal of Business Finance & Accounting*, Vol. 23, Issue 3, 359–370. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1468-5957.1996.tb01127.x>
23. Fama, E.F., French, K.R. (1989). Business Conditions and Expected Returns on Stocks and Bonds. *Journal of Financial Economics*, Vol. 25, 23–49. [https://doi.org/10.1016/0304-405X\(89\)90095-0](https://doi.org/10.1016/0304-405X(89)90095-0)

24. Goetzmann, W.N., Jorion, P. (1995). A Longer Look at Dividend Yields. *Journal of Business*, Vol. 68, No. 4, 483–508. Available at: <https://www.jstor.org/stable/2353143>
25. Hauser, R. (2013). Did Dividend Policy Change During the Financial Crisis? *Managerial Finance*, Vol. 39, Issue 6, 584–606. <http://dx.doi.org/10.1108/03074351311322861>
26. McLaney, E.J. (1992). *Business Finance for Decision Makers*. London, Pitman Publishing, 374 p. Available at: [https://mis.kp.ac.rw/admin/admin_panel/kp_lms/files/digital/Core%20Books/Finance/Business%20Finance_%20Theory%20and%20Practice%20\(%20PDFDrive%20\).pdf](https://mis.kp.ac.rw/admin/admin_panel/kp_lms/files/digital/Core%20Books/Finance/Business%20Finance_%20Theory%20and%20Practice%20(%20PDFDrive%20).pdf)
27. Petit, R.R. (1972). Dividend Announcement, Security Performance and Capital Market Efficiency. *Journal of Finance*, Vol. 27, No. 5, 993–1007. <https://doi.org/10.2307/2978844>
28. Miller, M.H., Modigliani, F. (1961). Dividend Policy, Growth and the Valuation of Share. *Journal of Business*, Vol. 34, No. 4, 411–433. <http://dx.doi.org/10.1086/294442>
29. Walter, J.E. (1956). Dividend Policies and Common Stock Prices. *Journal of Finance*, Vol. 11, No. 1, 29–41. <https://doi.org/10.2307/2976527>
30. Gordon, M.J. (1963). Optimal Investment and Financial Policy. *Journal of Finance*, Vol. 18, No. 2, 264–272. <https://doi.org/10.2307/2977907>
31. Lintner, J. (1962). Dividend, Earnings, Leverage, Stock Prices and the Supply of Capital to Corporations. *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 44, No. 3, 243–269. <https://doi.org/10.2307/1926397>
32. Gordon, M.J. (1959). Dividends, Earnings and Stock Prices. *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 41, No. 2, 99–105. <https://doi.org/10.2307/1927792>
33. Helton, J.C., Johnson, J.D., Salaberry, C.J., Storlie, C.B. (2006). Survey Of Sampling Based Methods for Uncertainty and Sensitivity Analysis. *Reliability Engineering and System Safety*, Vol. 91, Issue 10–11, 1175–1209. <https://doi.org/10.1016/j.res.2005.11.017>
34. Leamer, E.E. (1985). Sensitivity Analyses Would Help. *American Economic Review*, Vol. 75, No. 3, 308–313. Available at: <https://www.jstor.org/stable/1814801>
35. Pannell, D.J. (1997). Sensitivity Analysis of Normative Economic Models: Theoretical Framework and Practical Strategies. *Agricultural Economics*, Vol. 16, Issue 2, 139–152. [https://doi.org/10.1016/S0169-5150\(96\)01217-0](https://doi.org/10.1016/S0169-5150(96)01217-0)

INFORMATION ABOUT AUTHOR

Sergey Ivanovich Krylov

Doctor of Economics, Professor, Department of Financial and Tax Management, Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia (620002, Yekaterinburg, Mira street, 19); ORCID <https://orcid.org/0000-0001-6750-085X> e-mail: zali6770@yandex.ru

FOR CITATION

Krylov, S.I. (2024). Analysis of the Sensitivity of the Corporation's Market Activity Indicators with a Neutral Approach to the Dividend Policy. *Journal of Applied Economic Research*, Vol. 23, No. 1, 180–205. <https://doi.org/10.15826/vestnik.2024.23.1.008>

ARTICLE INFO

Received December 8, 2023; Revised January 10, 2024; Accepted January 23, 2024.



Default Prediction for Russian Food Service Firms: Contribution of Non-Financial Factors and Machine Learning

Egor O. Bukharin¹  , Sofia I. Mangileva² , Vladislav V. Afanasev¹ 

¹Higher School of Economics,
Saint-Petersburg, Russia

²Yakov & Partners,
Moscow, Russia

 egorbukharin01@gmail.com

Abstract. The food service industry's instability due to COVID-19 and sanctions has heightened the need for developing an efficient tool to assess default risks in this industry. Default prediction modelling relies heavily on how well a model fits the specific environment. Due to that, some adjustments have to take place in order to adapt the classical default prediction models to the Russian food service industry. We build hypotheses that adding non-financial factors and employing modern prediction methods can increase the accuracy of the models significantly. The aim of this study is to determine the effect of non-financial factors' inclusion and modern modelling methods on the accuracy of default prediction for the food service industry in Russia. Tests for a sample of 1241 firms for the period from 2017 to 2021 have shown that creating a prediction model with modern methods, such as Random Forest and XGBoost increases the accuracy of the prediction from 70 % to about 80 %, compared to standard Logit model. The addition of non-financial factors to the models also increases the accuracy slightly, which however, does not provide a significant effect. The most important metrics in predicting default turned out to be Current Liquidity Ratio and the ratio of Working Capital to Total Assets. The most important non-financial factors are Total Assets and Age. Our results correspond with existing research in this field and form a new knowledge layer due to being applied to a specific industry. The results can be used by banks or other counterparties that interact with food service industry firms in order to assess their credit risk.

Key words: default prediction; food service; non-financial factors; Machine Learning.

JEL G32, G33, G21, C58

1. Introduction

Recent years have been highly unstable for the entire Russian business sphere due to COVID-19 and a heavier burden of sanctions. However, one of the strongest risks of sustainability was posed to the food service industry. During 2020–2021, due to restrictions limiting attendance at places where large groups congregate, demand for such services decreased or had changed to the “take-away” format. The following year, food services experienced issues with supplies of some products and equipment,

cost growth as well while a decrease in demand due to a decline of disposable income of citizens.

Hence, the situation has heightened the need for the development of an efficient tool to assess default risks in food service industry.

Although the topic of default prediction is well-established in existing research literature, this investigation is still innovative for several reasons.

Firstly, a lot of time has passed since the first scientific works in the domain of

default prediction performed by Beaver [1], Altman [2], Taffler [3], Ohlson [4], Zmijevski [5] who have created the first bankruptcy prediction models, but there is still a lack of research exploring the experience of Russian private firms. Most of the foreign researchers have mentioned that their models are applicable to a certain type of firms, predominantly to American listed ones, but the specific Russian market conditions might differ significantly from those market conditions, which were examined in previous studies. Therefore, in terms of prediction accuracy, the Issue of conducting the research based on country specific data is highly relevant.

Secondly, although considerable research has been devoted to financial data usage for default prediction, relatively little attention has been paid to the integration of non-financial and industry specific parameters. We assume that this approach may significantly increase the prediction power of the model. Kwon & Lee [6] emphasized the importance of industry specific factors in the field of default prediction. In addition, authors claim that crises have different effects on the increase of unsustainability of firms in different industries.

Thirdly, the tools used for modeling have been developing over the years. Prediction modeling began with simple methods like multivariate discriminant analysis (MDA), like in the case of Altman [2] or linear Logit regressions as shown by Ohlson [4] and has now evolved into using such profound methods as General Regression Neural Network model, such as one created by Pan [7], and other Machine Learning tools, which make prediction for binary variables more precise. The examples include Random Forest, which was used by, for example, Brown & Mues [8] we set out to compare several techniques that can be used in the analysis of imbalanced credit scoring data sets. In a credit scoring context, imbalanced data sets fre-

quently occur as the number of defaulting loans in a portfolio is usually much lower than the number of observations that do not default. As well as using traditional classification techniques such as logistic regression, neural networks and decision trees, this paper will also explore the suitability of gradient boosting, least square support vector machines and random forests for loan default prediction. Five real-world credit scoring data sets are used to build classifiers and test their performance. In our experiments, we progressively increase class imbalance in each of these data sets by randomly under-sampling the minority class of defaulters, so as to identify to what extent the predictive power of the respective techniques is adversely affected. The performance criterion chosen to measure this effect is the area under the receiver operating characteristic curve (AUC). Many of modern Machine Learning methods have never been applied to Russian market data or even for default risk analysis in general.

In this research we determine whether the addition of non-financial factors and application of modern modeling methods can increase the accuracy of default prediction for the Russian food service firms.

Our hypotheses are:

H1: Employing modern modelling techniques can significantly increase the accuracy of default prediction models in the food service industry. We suppose that the models, trained using Machine Learning algorithms show higher accuracy rates than conventional tools, like Logit regression, being able to capture for non-linear dependencies.

H2: Adding non-financial factors can significantly increase the accuracy of default prediction models in the food service industry. We hypothesize that expansion of predictors list by adding non-financial data will make the prediction power of the models significantly higher, because these new

factors can enrich the information about the firm.

The aim of our research is to determine if non-financial factors like macroeconomic data, age of the company, number of owners, total assets, employee turnover etc. and modern modelling methods such as Random Forest and XGBoost increase the prediction power of default prediction models. And if so, create a model that can outperform the conventional ones in terms of accuracy.

This paper consists of several sections. The next section is devoted to the literature review. Then we describe the methods and data we used. Then we provide the results and discuss them.

2. Literature review

This section consists of 3 sub-sections. The first one is devoted to the overview of the history of default prediction, paying attention to the development of the approaches in terms of the default predictors chosen and modelling tools used. Then, we discuss in more details the benefits of new Machine Learning based modelling tools usage for default prediction. Finally, we give a picture of the previous research in the field of default prediction in food service industry.

2.1. The development of default prediction from 1960-s to the recent studies

Studies, which are considered to be the basis of default prediction modeling, are the works of Beaver [1], who used normative values for the financial ratios in order to assess credit risk, and Altman [2], who applied discriminant analysis to make a probabilistic model for US listed firms, followed by, for example, Jaki & Cwięk [9], Xie et al. [10] and others.

The ability of current financial data to indicate future defaults has been the main assumption in the default prediction studies since the first research in this domain. For

example, Jaki & Cwięk [9] applied a vast variety of book ratios to create the models: liquidity, profitability, debt structure, debt, equity & assets coverage ratios. Other studies, like Boubaker et al. [11], use market indicators, which are not book ratios, but are still financial data. Also, some of the studies use dynamic ratios, like the change in revenue, net income or financial ratios, in particular Iwanicz-Drozdowska et al. [12], or Ohlson [4].

In the same time, a new trend in default prediction is developing nowadays — the use of non-financial variables. For example, Lugovskaya [13] reports an 11 percentage points increase in overall accuracy when using size and age variables along with financial ratios to predict the defaults. Bhimani et al. [14] report 0.21 units increase in area under ROC curve when using macroeconomic and non-financial (management, ownership and financial support related) variables along with financial ratios. This study also pays attention to the use of non-financial data to increase the accuracy of default prediction, using size and age, following for example Blanco-Oliver et al. [15], Altman et al. [16], Lugovskaya [13].

The methodology of default prediction has been developing since 1960-s. The first studies conducted were designed for public firms mostly and can be characterized by small samples in comparison to later papers. For example, Altman [2] used just 66 firms in his research. Also, Multiple Discriminant Analysis (MDA) approach for prediction models was the prevailing approach among the first default prediction studies, however it is sometimes characterized as biased e.g. Frank et al. [17] and inferior to other methods, e.g. Xie et al. [10], Wilson & Sharda [18].

The first to create a model based on the logistic regression, which is still one of the most popular ways of modelling credit risk, was Ohlson [4]. Apart from new statistical tool, the researcher used a big sam-

ple of firms to create the model — more than 2 thousand observations.

For a long time, Logit (and sometimes Probit, which is a similar algorithm) regression was the prevailing statistical tool for the purpose of default prediction modeling. For example, Zmijewski [5], Altman & Sabato [19], Gruszczyński [20], Hunter

& Isachenkova [21], Lin & Piesse [22], Sirirattanaphonkun & Pattarathammas [23] followed the approach to create the models. One can find very recent works, which utilize logistic regression for the purpose of default prediction, such as Zhao & Lin [24]. The studies report high accuracy, as it is shown by some examples in the Table 1.

Table 1. Accuracy of Logit model accuracy in selected studies

Study	Logit model accuracy, %
Zhao & Lin [24]	85
Altman & Sabato [19]	87
Gruszczyński [20]	up to 91
Hunter & Isachenkova [21]	up to 85

Source: prepared by the authors

However, as stated in, for example, Mselmi et al. [25], Barboza et al. [26], Machine Learning algorithms tend to be more precise in predicting defaults than discriminant analysis or Logit. The next section is devoted to a brief overview of such algorithms used in default prediction.

2.2. Modern Machine Learning algorithms in default prediction

Several modern modelling tools have been implemented in default prediction research and there is an increasing number of the studies conducted with use of new techniques. For example, the idea of new Machine Learning technique usage in default prediction was executed by Barboza et al. [26]. Using a sample of North American firms, they constructed models with support vector machine (SVM), boosting, bagging, Random Forest, and artificial neural networks (ANN) and achieved high accuracy (up to 0.93 in terms of the area under ROC curve).

Another example is the work by Brown & Mues [8], which showed the accuracy of classification of up to 0.95 (area under ROC curve) when using Machine

Learning algorithms. The authors also show the Random Forest classifier, which is also used in this paper, as one of the best performing algorithms.

There are several research studies focused on different methods comparison, e.g. Mselmi et al. [25], Wu et al. [27]. In the latter study Altman's ratios and some new ones (EBIT to Sales, Total assets growth, Sales growth, Number of employees growth, ROE growth, Market price to Book price growth) was taken to build several models using different algorithms. As it was expected by the authors, Machine Learning approaches demonstrated better results on a testing sample in comparison with MDA and Logit (Random Forest 87.1 %, Boosting 86.7 %, Bagging 85.7 %, SVM-radial basis function 79.8 %, Logit 76.3 %, MDA 52.18 %).

Machine Learning algorithms can be applied separately, but an additional increase in performance can be achieved if one uses an ensemble. For example, Fedorova et al. [28] have applied Machine Learning techniques to predict bankruptcy in the sample of French, Italian, Russian and Spanish firms. The researchers have

applied stacking ensemble technique for bankruptcy prediction and compared it with single classifier and bagging ensemble models. Results have shown that the stacking ensemble method is more accurate.

Overall, it seems that Machine Learning tools can increase the performance of default prediction significantly.

2.3. Default prediction for food service firms

Default prediction models have also been applied to the food service industry in, for example, the studies by Situm [29], Kim & Upneja [30], Gu [31].

The study by Situm [29] is a rare example of research, covering the value of non-financial data in default prediction for food service firms. Logistic regression was utilized to create the classification models. The significant impact of the size of the firm and the restaurant location was found. However, financial data is still stated as the strongest group of predictors.

The study by Kim & Upneja [30] utilized both Machine Learning algorithms (decision tree — based) and also non-financial factors, such as, for example, board holding ratio, and received a 74 % accurate model for US listed food service firms.

Gu [31] achieved a way higher (92 %) accuracy with an MDA model. The list of variables consisted of 12 financial ratios, without including any non-financial ones. The main interpretation of the results is the fact that firms with low EBIT and high total liabilities are the most susceptible to default, which corresponds with other studies, covering all industries.

Overall, it seems that there are some studies in the domain of default prediction for food service, however few of them utilize Machine Learning and, as shown in a summary of existing research, provided by Situm [29], most of the existing research covers USA or developed EU coun-

tries firms and few of the studies utilize non-financial data other than size and age. Moreover, we could not find any study, covering Russian food service industry.

3. Methods

In this research we make prediction models starting with the most basic ones, such as Logit, using the most popular predictors, then add more variables and use more advanced methods (Random Forest, XGBoost).

3.1. Binary linear regression (Logit)

Logit and Probit models are non-linear models which are constituted by linear combination of parameters. Logit is used more frequently in default prediction studies having several advantages over Probit models.

Firstly, the coefficients in Logit models are more easily interpreted as they represent the change in the log odds of the outcome for a one-unit change in the predictor variable, whereas in Probit models they represent the change in the standard deviation of the latent variable. Secondly, Logit models are more efficient than Probit models when errors are heteroskedastic, providing more precise estimates of coefficients. Thirdly, Logit models have a simpler likelihood function, making them easier to compute for large datasets. Fourthly, Logit models are more robust to outliers in data that may contain extreme values. Finally, Logit models are more commonly used in fields such as economics and political science, making them more familiar and easier to work with for researchers.

3.2. Random Forest

Nowadays Random Forest, described by Breiman [32], is a frequently used technique for classification tasks. It works by creating a large number of decision trees, each trained on a random subset of the full

data sample. The trees are built using a random selection of features, which helps to reduce overfitting and improve generalization performance. The algorithm aggregates the predictions of all the trees to make the final prediction.

Random Forest has a high predictive power because it combines the predictions of multiple decision trees, which helps to reduce the risk of overfitting and improves the accuracy and robustness of the model. The algorithm also uses techniques such as bagging and feature importance measures to further improve performance and prevent overfitting.

3.3. XGBoost

XGBoost (Extreme Gradient Boosting), described by Chen & Guestrin [33], is a type of Machine Learning algorithm that is used for regression and classification problems. It is an extension of the gradient boosting algorithm that uses a regularized model to prevent overfitting and improve accuracy.

The XGBoost algorithm works by combining multiple weak models (decision trees) into a single strong model. Each decision tree is trained on a subset of the data, and the algorithm learns from the errors of each tree to improve its predictions. The trees are built iteratively, with each new tree attempting to correct the errors of the previous trees. XGBoost also includes several regularization techniques to prevent overfitting, such as L1 and L2 regularization, and early stopping. These techniques help to improve the generalization performance of the model and prevent it from memorizing the training data.

Overall, XGBoost is a powerful and flexible algorithm that has been applied successfully for many different tasks, including image classification, natural language processing, and predictive maintenance. However, this algorithm has not been widely used for default prediction yet.

3.4. Approaches comparison

All three methods have their benefits and drawbacks. Logit regression is a simple and interpretable method that works well for some cases, while Random Forest and XGBoost are more complex and suitable for large datasets with a large number of features. XGBoost is known for its high performance but can be sensitive to overfitting.

Depending on the size and complexity of the dataset, any of these methods could be suitable for default prediction. However, if computational efficiency is a concern, Logit might be the most suitable option. If the dataset is large and complex, and performance is a priority, Random Forest or XGBoost might be better options.

In case of this study, we are interested in the comparison between Logit and Machine Learning tools, that is why all three algorithms are used.

3.5. Data and Variables

There are many approaches for default definition and data selection to construct the model. Usually, the firm is identified as defaulted if the legal insolvency procedure has been launched or the firm is in process of liquidating voluntarily, for example in Kazakov & Kolyshkin [34], Karminsky & Burekhin [35], Afanasev & Tarasova [36].

For this study it was decided to define the date of a default event as the date of submission of a notice by the creditor, which is submitted to the court to start the legal case for insolvency. For the defaulted firms with no information about such notice it was decided to use the date of their insolvency declaration minus the average difference between the date of the creditor's notice submission and the date of insolvency declaration for the firms in a sample we have full information about, which turned out to be 315 days in this case.

The data used for the empirical study was collected from SPARK-Interfax database. In concordance with Russian Classification of Economic Activities we selected the following sub-industries, which are definitely parts of the food service industry:

- Restaurant activities and food delivery services;
- Full-service restaurants and cafes, cafeterias, fast food and self-service restaurants;
- Beverage service;
- Event catering activities;
- Other catering activities.

The final dataset consists of 1241 observations for the period from 2017 to 2021. Due to the huge disproportion of default and non-default firms we decided to use an over-sampling method for train sample construction.

The number of defaulted firms in the sample is 87. According to the data of the Federal Tax Service, the percent of default firms is stable over the years at the level of 1 %, therefore the share of default firms in our sample is comparable with the general population distribution.

Over-sampling has been done by the ROSE (Random Over-Sampling Examples) over-sampling method, which works by increasing the number of instances in the minority class by generating new synthetic observations. The process involves the following steps.

1. Random selection of instances.
2. Duplication of instances (the selected instances are then duplicated to create new synthetic instances. This results in an increase in the number of instances in the minority class).
3. Introduction of variations: To avoid creating exact replicas of the original instances, slight variations are introduced to create new synthetic instances.
4. Addition of synthetic instances: The synthetic instances are added to the original dataset, resulting in a balanced dataset.

The ROSE over-sampling method is effective in improving the accuracy of Machine Learning models when dealing with imbalanced datasets. We used the ROSE method only for the train sample after splitting the dataset for train and test.

We have estimated the accuracy test and the comparison of the models on a real test sample, which contains 30 % of observations. According to empirical evidence, provided by Menardi & Torelli [37], the usage of corrected data for tests, for example by ROSE method, leads to biased results which significantly differ from the outputs for the same tests taken on the real data.

We considered 19 financial and non-financial variables or ratios, obtained from the review of the previous research literature on default prediction. All the variables are considered quantitative and are represented in Table 2.

Table 2. **Variables used in the models**

Variable	Code
Efficiency	
Income/Non-Current Assets	E1
Income/Total Assets	E2
Revenue/Total Assets	E4

End of table 2

Variable	Code
Liquidity & Cash-Flow	
Current Assets/Current Liabilities	L1
EBIT/Current Liabilities	L2
Working Capital/Total Assets	L3
Profitability	
Net Profit/Income	P1
Net Profit/Total Assets (ROA)	P2
Gross profit margin	P4
Solvency	
Net Equity/Non-Current Liabilities	S3
Tendency	
Revenue growth rate	T1
Income growth rate	T2
Change in profitability	T3
Macroeconomics	
Disposable income change	M1
Non-Financial	
Total Assets (Log)	N1
Age (Log)	N2
Number of owners	N3
Ownership of patents	N4
Employee turnover	N5

Source: prepared by the authors

In order to model the prediction process, all the values for the variables for the defaulted firms were calculated based on the reporting, certainly available on the date of default. To ensure that the reporting is available, we used the reporting for the year, which is 2 years prior to the year of default, for the firms with the date of default from January to June, and the reporting for the year, which is 1 year prior to the year of default, for the firms with the date of default from July to December.

However, for two variables (Number of owners (N3), Ownership of patents (N4)) we used the last available information, making an assumption that this data does not change significantly from year to year.

The sample of non-default firms is distributed similar (in terms of the periods, which are used to calculate the values for the independent variables) to the default sample. Also, we did not take non-default firms, which existed less than a half of the year before the reporting date, which is taken into account.

Table 3. Descriptive statistics for the variables

Variable	Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu	Max.
E1	-3.13	0.44	2.37	181.53	18.31	92986
E2	-80.885	-0.06	0.01	-5.53	0.15	47895.9
E4	0	0.26	0.84	598.66	2.51	116060.2
L1	-590.25	0.67	1.14	6.098	3.53	1618
L2	-389	-0.005	0.09	1.05	0.62	1436.29
L3	-2620.94	-0.11	0.03	-0.65	0.36	133.4
P1	-2276.95	-0.15	0.02	-1.2	0.14	588.31
P2	-80885	-0.06	0.01	-5.53	0.15	47895.9
P4	-12955	0.016	0.21	-3.31	0.49	2
S3	-14720	0.1	1	828	3.4	1263.729
M1	-4.5	-2	1.2	0.53	3	3
T1	-146.7	-0.19	0.17	36.61	0.69	90337.5
T2	-2302.74	-1.27	-0.53	3.04	0.38	5567.17
T3	-1602.09	-1.17	-0.67	-0.55	0.26	2835.65
N1	8	16.12	17.496	17.33	18.89	24.76
N2	0	1.95	2.49	2.36	2.89	3.47
N3	1	1	1	1.55	2	9
N5	-42309	-3	0	-27.71	2	708
N4	0: 4805 obs.			1: 50 obs.		

Source: prepared by the authors

4. Results

4.1. Altman's model

To determine the starting point, we conducted default prediction based on model by Altman [2] using our dataset. The main point of this task was to determine whether the conventional models are good enough for making predictions for the Russian food service industry firms.

We used the initial financial indicators and ratios of Altman's model with the corresponding coefficients, provided by Altman. The accuracy of predictions came out to be 67 % (69 % for non-de-

fault and 64 % for default companies). For this calculation we used a sample of 2422 (after oversampling) observations. We suppose that the reason for such a low prediction accuracy is that the initial coefficients of the model cannot be applied to a new dataset and should be estimated on our data.

Following that, we decided to fit Logit regression on our training sample. The results are shown in Table 4. The accuracy of prediction on the test sample is higher, but still not very high: 68 % (71 % for non-default and 65 % for default firms).

4.2. Models with extended list of variables

4.2.1 Logit model

To begin with, we constructed a linear Logit regression with intercept, het-

eroskedasticity corrected standard errors. We created and compared two versions of this model: one with financial variables only and the second with both financial and non-financial variables (see Table 5).

Table 4. The results for Logit regression with Altman's ratios

Variable	Coefficient	St. error	Significance*
Intercept	0.490	0.27	0.05
Working Capital / Total Assets	0.015	0.038	1
Retained Earnings / Total Assets	0.013	0.015	1
Earnings Before Interest and Tax / Total Assets	0.027	0.10	1
Equity / Total Liabilities	-1.27	0.38	0.001
Total Sales / Total Assets	0,019	0.02	1

Note: prepared by the authors; * If the p-value is higher than 0.1, we code Significance as "1", showing that the coefficient is insignificant. If the p-value is less or equal to 0.1, we code Significance according to the nearest significance level (0.1, 0.05, 0.01 or 0.001)

Table 5. Logit model results

Variable	Only financial data		Financial and non-financial data	
	Coefficient	Significance	Coefficient	Significance
Intercept	-0.097	1	4.06	0.05
E1	0.002	1	0.0013	1
E2	-0.62	0.05	-0.85	0.01
E4	0.05	0.05	0.07	0.05
L1	-0.05	1	-0.04	1
L2	0.11	0.1	0.11	0.1
L3	-0.15	1	-0.26	0.1
P1	-0.08	1	-0.11	1
P4	-0.27	1	-0.39	1
S3	-0.002	1	-0.0018	1
T1	-0.005	1	-0.003	1
T2	0.03	1	0.007	1
T3	-0.03	1	-0.02	1
M1	-0.11	0.1	-0.10	1
N1	—	—	-0.10	1

End of table 5

Variable	Only financial data		Financial and non-financial data	
	Coefficient	Significance	Coefficient	Significance
N2	—	—	-0.91	0.001
N3	—	—	-0.23	1
N4	—	—	6.50	1
N5	—	—	-0.003	1

Source: prepared by the authors

For these and all further models the main metrics, which determine how accurate is the model, are sensitivity (accuracy for default firms) and specificity (accuracy for non-default firms), estimated on the test samples. Even though overall accuracy is an important metric, these two give a clearer picture and make it possible to check both for Type 1 (defining a defaulted firm as a healthy one) and Type 2 (defining a healthy firm as a defaulted one) errors.

The first version of the model (the one without non-financial factors) provided poor results in terms of overall accuracy, sensitivity and specificity: 0.678, 0.600 and 0.679 respectively. The addition of non-financial factors in the second version of the model led to an insignificant increase in accuracy: 0.681, 0.550, 0.683 respectively. The only one important non-financial variable in Logit regression is N2 (Log Age of a company).

Both models produced low accuracy. Machine Learning was expected to provide much more accurate predictions.

4.2.2 Random Forest model

Next, we implemented some of the modern modeling methods, starting with Random Forest. We tested out three models using this method: without non-financial factors, with non-financial factors, and a variation with Altman's factors only.

The first two models produced overall accuracy, sensitivity, and specificity values

of 0.77, 0.90, 0.76 and 0.79, 0.85, 0.78 respectively. Two things can be clearly seen in these cases. First, the addition of non-financial factors does not increase the predicting power of the model significantly. Second, the model itself is much more accurate than Logit.

Random Forest also provides us with the mean decrease of Gini coefficient. It is a measure of how each variable contributes to the homogeneity of the nodes and leaves in the resulting Random Forest. This means that the importance of each variable can be determined by how high its mean decrease Gini value is.

Five variables with the highest influence on Gini index are M1, L1, L3, E4 and N1 (Disposable income change, Current assets/Current liabilities, Working capital/Total assets, Revenue/Total assets, Total assets(log) respectively). Another non-financial factor N2 (Age (log)) is also present in the top 10 variables. Even though non-financial factors do not provide a significant effect on the accuracy, some of them are still among the most important variables.

These results can be explained by several factors. M1 (Disposable income change) could have been placed so high due to the fact that attending restaurants or other food services is usually a leisurely or luxurious activity, so if people do not possess enough disposable income, then the inflow of customers for food services is greatly decreased. L1 and L3 (Current

assets/Current liabilities, Working capital/Total assets) are also important due to the fact that food services have a much higher asset turnover than many other industries, so these two factors play an especially big role.

The two most important non-financial factors are N1 and N2 (Total assets(log), Age (log)). N2 may be important due to the specific nature of the food service market. Since the average life cycle of food service companies is low, at around two years, the age turns out to be a decisive factor. The older is the firm, the higher is the probability to overcome financial distress.

The Random Forest model with Altman's variables also showed much better results than Logit model, providing values of 0.79, 0.80 and 0.77 for accuracy, sensitivity and specificity respectively, which is a significant improvement compared to Logit model.

The Gini coefficient shows that Equity/Total liabilities is the most important variable, followed by Working capital/Total assets and then by Retained earnings/Total assets, Total sales/Total assets and EBIT/Total assets.

4.2.3 XGBoost

XGBoost is one of the strongest modern prediction models, which has not yet been used much in default prediction research. This method is a type of Machine Learning which is based on decision trees and works well with unbalanced samples of observations.

The model created with this method provided better results than the previous ones. It resulted in the accuracy of 0.81, while sensitivity and specificity are 0.70 and 0.82 respectively.

This method also provided a list of the most important variables. The five most important ones are L1, L3, T1, N2 and E2 (Current assets/Current liabilities, Working capital/Total assets, Revenue growth rate, Age (log), Income/Total assets). N1 (Total assets (log)) is also included in the top 10.

It is interesting to compare this result to the result of the Random Forest model. Both models placed L1 and L3 among the most important variables and also N1 and N2 were the ones included in the top 10 (Table 6).

Table 6. Results of Logit, Random Forest and XGBoost, %

	Logit (financial data only)	Logit (financial and non-financial data)	Random Forest (financial data only)	Random Forest (financial and non-financial data)	XGBoost (financial and non-financial data)
Accuracy	68	68	77	79	81
Sensitivity	60	55	90	85	70
Specificity	68	68	76	78	82

Source: prepared by the authors

5. Discussion

5.1. Hypotheses confirmation

The first hypothesis of the study is *H1*: Employing modern modelling techniques can significantly increase the accuracy of default prediction models in the food ser-

vice industry. The hypothesis is confirmed: we show that the accuracy of default prediction is significantly higher if Machine Learning algorithms are used to train the models, rather than in case of Logit regression.

Some researchers go deeper and use neural networks. For example, in a recent work by Becerra-Vicario et al. [38] Deep Recurrent Convolutional Neural Network (DRCNN) were constructed for default prediction on the Spanish restaurant industry, accuracy of the model exceeded logistic regression in predicting capacity. The DRCNN model predicted default on data one, two, and three years prior to default with 93.5 %, 89.6 %, 85.6 %, respectively. The researchers used financial ratios and quality certification results as variables.

The main Issue of this method is its “black-box” nature, that means that we actually do not know what kind of rules were developed, the only thing we know is the importance of a variable. Although we suppose that neural networks might have slightly higher accuracy rate, we decided not to use them in this study. Firstly, Neural Networks require huge data samples in order to be well trained. Secondly, “black-box” decisions are not demanded by users of default prediction models due to the lack of interpretability.

The second hypothesis of the study is *H2*: Adding non-financial factors can significantly increase the accuracy of default prediction models in the food service industry. We treat this hypothesis as unconfirmed. The accuracy, achieved with non-financial data, is indeed the highest, however, the increase is only few percentage points. Given that non-financial data usually requires more time and effort to collect, it is necessary to conduct cost-benefit analysis in every case of default prediction to estimate whether it is beneficial to invest in collection of non-financial data, which is analyzed in this study.

5.2. Limitations and potential for future research

Despite, the second hypothesis is not confirmed, due to existing literature, for example Altman et al. [16], Fernando et

al. [39], Makeeva & Sinilshchikova [40], Lugovskaya [13], Bhimani et al. [14] which report increase in accuracy while using non-financial data, we still believe that there is a room for improvement in default prediction models through non-financial factors.

One of the limitations of this research is that we do not use some non-financial variables that may increase the prediction capacity for food service companies, because the collection of such data requires significant resources and cannot be conducted automatically. Some of these variables include:

1. Customer reviews and ratings. This can provide insights into customer satisfaction and loyalty, which are important indicators of a firm’s success.

2. Social media engagement. Measuring the level of social media engagement can provide valuable information about a firm’s brand awareness and reputation.

3. Employee satisfaction. Employee satisfaction can impact customer service and productivity, which are important factors for a firm’s success.

4. Location and demographic information. Analyzing the geographic location and demographic information of a company’s customer base can help identify areas for growth and target marketing efforts.

5. Menu variety and innovation. Offering unique and innovative menu items can set a company apart from its competitors and attract new customers.

6. Online ordering and delivery. The ability to order food online and have it delivered is becoming increasingly important in the food service industry, and companies that offer this service may have an advantage over those that do not.

7. Health and safety practices. Ensuring that food is prepared and served safely is critical for maintaining customer trust and preventing foodborne illnesses.

By incorporating these non-financial variables into a prediction model, it may be possible to improve the accuracy of default predictions for food service companies. This is considered as a potential path for the future research.

Another limitation of the research is that we have to treat the data for legal entity as the data reflecting the condition of the whole business. However, often Russian entrepreneurs disaggregate the business, and it may consist of several legal entities and sole proprietors. This limitation is common for many studies related to Russian firms.

It is also important to notice the prevalence of type I errors over type II errors in our tests. This can be a potential topic for research on whether banks and other counterparties would rather accept the risk of dealing with a company that is going to go bankrupt or missing out on profits from declining relationships with firms which turn out to be healthy business.

6. Conclusion

The aim of the research was to determine the difference in results between the classical default models and modern methodology by introducing new variables and advanced Machine Learning methods.

Tests performed with classical models showed results with low prediction accuracy at the levels of about 70 %. We attribute such a result to a number of factors such as

the model having poor compatibility with non-listed companies, a small size of the test sample, and the food service industry being too specific for general models.

Modern methods like Random Forest and XGBoost showed much better results, producing accuracy of about 80 %. Thus, the implementation of modern algorithms greatly increased the accuracy and proved them to be stronger default prediction tools.

We discovered that Current Assets/Current Liabilities and Working capital/Total assets are two variables that both Machine Learning models found to be among the most important factors.

Also, the addition of non-financial factors into the models led to a slightly higher accuracy of prediction. We, however, did not record a significant increase. The most important non-financial factors are Total Assets and Age.

Thus, we tested how the addition of non-financial factors and modern modeling tools can impact the accuracy of default prediction models. This research contributes to both the field of default prediction research in general and to the research of food service companies in particular by examining the factors, which influence the accuracy of credit risk estimation. Our research and model can be practically useful for credit organizations or any other counterparties that could deal with food service firms in Russia.

References

1. Beaver, W. (1966). Financial Ratios as Predictors of Failure. *Journal of Accounting Research*, Vol. 4, 71–111. <https://doi.org/10.2307/2490171>
2. Altman, E. (1968). Financial Ratios, Discriminant Analysis and the Prediction of Corporate Bankruptcy. *Journal of Finance*, Vol. 23, No. 4, 589–609. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1968.tb00843.x>
3. Taffler, R. (1982). Forecasting Company Failure in the UK Using Discriminant Analysis and Financial Ratio Data. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, Vol. 145, No. 3, 342–358. <https://doi.org/10.2307/2981867>
4. Ohlson, J. (1980). Financial Ratios and the Probabilistic Prediction of Bankruptcy. *Journal of Accounting Research*, Vol. 18, No. 1, 109–131. <https://doi.org/10.2307/2490395>

5. Zmijewski, M. (1984). Methodological Issues Related to the Estimation of Financial Distress Prediction Models. *Journal of Accounting Research*, Vol. 22, 59–82. <https://doi.org/10.2307/2490859>
6. Kwon, T., Lee, Y. (2018). Industry specific defaults. *Journal of Empirical Finance*, Vol. 45, 45–58. <https://doi.org/10.1016/j.jempfin.2017.10.002>
7. Pan, W.-T. (2012). A new Fruit Fly Optimization Algorithm: Taking the financial distress model as an example. *Knowledge Based Systems — KBS*, Vol. 26, 69–74. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2011.07.001>
8. Brown, I., Mues, C. (2012). An experimental comparison of classification algorithms for imbalanced credit scoring data sets. *Expert Systems with Applications*, Vol. 39, Issue 3, 3446–3453. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.09.033>
9. Jaki, A., Ćwięk, W. (2021). Bankruptcy Prediction Models Based on Value Measures. *Journal of Risk and Financial Management*, Vol. 14, Issue 1, 6. <https://doi.org/10.3390/jrfm14010006>
10. Xie, C., Luo, C., Yu, X. (2011). Financial distress prediction based on SVM and MDA methods: The case of Chinese listed companies. *Quality & Quantity*, Vol. 45, No. 3, 671–686. <https://doi.org/10.1007/s11135-010-9376-y>
11. Boubaker, S., Cellier, A., Manita, R., Saeed, A. (2020). Does corporate social responsibility reduce financial distress risk? *Economic Modelling*, Vol. 91, 835–851. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2020.05.012>
12. Iwanicz-Drozdowska, M., Laitinen, E.K., Suvas, A., Altman, E. (2016). Financial and non-financial variables as long-horizon predictors of bankruptcy. *The Journal of Credit Risk*, Vol. 12, No. 4, 49–78. <https://doi.org/10.21314/JCR.2016.216>
13. Lugovskaya, L. (2010). Predicting default of Russian SMEs on the basis of financial and non-financial variables. *Journal of Financial Services Marketing*, Vol. 14, Issue 4, 301–313. <https://doi.org/10.1057/fsm.2009.28>
14. Bhimani, A., Gulamhussen, M., Lopes, S. da R. (2013). The Role of Financial, Macroeconomic, and Non-financial Information in Bank Loan Default Timing Prediction. *European Accounting Review*, Vol. 22, Issue 4, 739–763. <https://doi.org/10.1080/09638180.2013.770967>
15. Blanco-Oliver, A., Irimia-Dieguez, A., Oliver-Alfonso, M.D., Vázquez-Cueto, M.J. (2016). Hybrid model using Logit and nonparametric methods for predicting micro-entity failure. *Investment Management and Financial Innovations*, Vol. 13, 35–46. [http://dx.doi.org/10.21511/imfi.13\(3\).2016.03](http://dx.doi.org/10.21511/imfi.13(3).2016.03)
16. Altman, E., Sabato, G., Wilson, N. (2010). The value of non-financial information in SME risk management. *Journal of Credit Risk*, Vol. 6, 95–127. <http://doi.org/10.21314/JCR.2010.110>
17. Frank, R., Massy, W., Morrison, D. (1965). Bias in Multiple Discriminant Analysis. *Journal of Marketing Research*, Vol. 2, No. 3, 250–258. <https://doi.org/10.2307/3150183>
18. Wilson, R., Sharda, R. (1994). Bankruptcy prediction using neural networks. *Decision Support Systems*, Vol. 11, No. 5, 545–557. [https://doi.org/10.1016/0167-9236\(94\)90024-8](https://doi.org/10.1016/0167-9236(94)90024-8)
19. Altman, E., Sabato, G. (2007). Modelling Credit Risk for SMEs: Evidence from the U. S. Market. *Abacus*, Vol. 43, Issue 3, 332–357. <https://doi.org/10.1111/j.1467-6281.2007.00234.x>
20. Gruszczyński, M. (2004). Financial Distress of Companies in Poland. *International Advances in Economic Research*, Vol. 10, No. 4, 249–256. <https://doi.org/10.1007/BF02295137>
21. Hunter, J., Isachenkova, N. (2001). Failure risk: A comparative study of UK and Russian firms. *Journal of Policy Modeling*, Vol. 23, Issue 5, 511–521. [https://doi.org/10.1016/S0161-8938\(01\)00064-3](https://doi.org/10.1016/S0161-8938(01)00064-3)
22. Lin, L., Piesse, J. (2004). The identification of corporate distress in UK industrials: a conditional probability analysis approach. *Applied Financial Economics*, Vol. 14, Issue 2, 73–82. <https://doi.org/10.1080/0960310042000176344>

23. Sirirattanaphonkun, W., Pattarathammas, S. (2012). Default Prediction for Small-Medium Enterprises in Emerging Market: Evidence from Thailand. *Seoul Journal of Business*, Vol. 18, No. 2, 25–54. <http://dx.doi.org/10.35152/snusjb.2012.18.2.002>
24. Zhao, Y., Lin, D. (2023). Prediction of Micro- and Small-Sized Enterprise Default Risk Based on a Logistic Model: Evidence from a Bank of China. *Sustainability*, Vol. 15, Issue 5, 4097. <https://doi.org/10.3390/su15054097>
25. Mselmi, N. Lahiani, A., Hamza, T. (2017). Financial distress prediction: The case of French small and medium-sized firms. *International Review of Financial Analysis*, Vol. 50, 67–80. <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2017.02.004>
26. Barboza, F., Kimura, H., Altman, E. (2017). Machine Learning models and bankruptcy prediction. *Expert Systems with Applications*, Vol. 83, 405–417. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2017.04.006>
27. Wu, Y., Gaunt, C., Gray, S. (2010). A comparison of alternative bankruptcy prediction models. *Journal of Contemporary Accounting & Economics*, Vol. 6, Issue 1, 34–45. <https://doi.org/10.1016/j.jcae.2010.04.002>
28. Fedorova, E., Ledyaeva, S., Drogovoz, P., Nevredinov, A. (2022). Economic policy uncertainty and bankruptcy filings. *International Review of Financial Analysis*, Vol. 82, 102174. <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2022.102174>
29. Situm, M. (2023). Financial distress in the Austrian tourism industry: hotels and restaurants analysis. *European Journal of Tourism Research*, Vol. 34, 3411. <https://doi.org/10.54055/ejtr.v34i.2992>
30. Kim, S., Upneja, A. (2014). Predicting restaurant financial distress using decision tree and AdaBoosted decision tree models. *Economic Modelling*, Vol. 36, 354–362. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2013.10.005>
31. Gu, Z. (2002). Analyzing bankruptcy in the restaurant industry: A multiple discriminant model. *International Journal of Hospitality Management*, Vol. 21, Issue 1, 25–42. [https://doi.org/10.1016/S0278-4319\(01\)00013-5](https://doi.org/10.1016/S0278-4319(01)00013-5)
32. Breiman, L. (2001). Random Forests. *Machine Learning*, Vol. 45, No. 1, 5–32. <https://doi.org/10.1023/A:1010933404324>
33. Chen, T., Guestrin, C. (2016). XGBoost: A Scalable Tree Boosting System. *Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*. San Francisco, 785–794. <https://doi.org/10.1145/2939672.2939785>
34. Kazakov, A., Kolyshkin, A. (2018). Bankruptcy prediction models development in modern Russian conditions. *St Petersburg University Journal of Economic Studies*, Vol. 34, No. 2, 241–266. (In Russ.). <https://doi.org/10.21638/11701/spbu05.2018.203>
35. Karminsky, A., Burekhin, R. (2019). Comparative analysis of methods for forecasting bankruptcies of Russian construction companies. *Business Informatics*, Vol. 13, No. 3, 52–66. <https://doi.org/10.17323/1998-0663.2019.3.52.66>
36. Afanasev, V., Tarasova, Y. (2022). Default Prediction for Housing and Utilities Management Firms Using Non-Financial Data. *Financial Journal*, Vol. 14, No. 6, 91–110. <https://doi.org/10.31107/2075-1990-2022-6-91-110>
37. Menardi, G., Torelli, N. (2012). Training and assessing classification rules with unbalanced data. *Data Mining and Knowledge Discovery*, Vol. 28, 92–122. <https://doi.org/10.1007/s10618-012-0295-5>
38. Becerra-Vicario, R., Alaminos, D., Aranda, E., Fernández-Gámez, M.A. (2020). Deep Recurrent Convolutional Neural Network for Bankruptcy Prediction: A Case of the Restaurant Industry. *Sustainability*, Vol. 12, Issue 12, 5180. <https://doi.org/10.3390/su12125180>
39. Fernando, J., Li, L., Hou, G. (2020). Financial versus Non-Financial Information for Default Prediction: Evidence from Sri Lanka and the USA. *Emerging Markets Finance and Trade*, Vol. 56, Issue 3, 673–692. <https://doi.org/10.1080/1540496X.2018.1545644>

40. Makeeva, E., Sinilshchikova, M. (2020). News Sentiment in Bankruptcy Prediction Models: Evidence from Russian Retail Companies. *Journal of Corporate Finance Research*, Vol. 14, No. 4, 7–18. <https://doi.org/10.17323/j.jcfr.2073-0438.14.4.2020.7-18>

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Egor Olegovich Bukharin

Master Student, Saint-Petersburg School of Economics and Management, National Research University Higher School of Economics, Saint-Petersburg, Russia (190121, Saint-Petersburg, Soyuza Pechatnikov street, 16); ORCID <https://orcid.org/0009-0004-3135-5469> e-mail: egor-bukharin01@gmail.com

Sofia Igorevna Mangileva

Senior Research Analyst, «Yakov & Partners», Moscow, Russia (125047, Moscow, Lesnaya street, 5, Building C); ORCID <https://orcid.org/0009-0001-9574-1834> e-mail: sofiamangileva@gmail.com

Vladislav Viktorovich Afanasev

Lecturer, Department of Finance, Saint-Petersburg School of Economics and Management, National Research University Higher School of Economics, Saint-Petersburg, Russia (190121, Saint-Petersburg, Soyuza Pechatnikov street, 16); ORCID <https://orcid.org/0000-0002-4041-4465> e-mail: vvafanasev@hse.ru

FOR CITATION

Bukharin, E.O., Mangileva, S.I., Afanasev, V.V. (2024). Default Prediction for Russian Food Service Firms: Contribution of Non-Financial Factors and Machine Learning. *Journal of Applied Economic Research*, Vol. 23, No. 1, 206–226. <https://doi.org/10.15826/vestnik.2024.23.1.009>

ARTICLE INFO

Received June 30, 2023; Revised December 5, 2023; Accepted January 12, 2024.

УДК 336.6

Прогноз дефолта для российских предприятий общественного питания: вклад нефинансовых факторов и машинного обучения

Е. О. Бухарин¹  , С. И. Мангилева² , В. В. Афанасьев¹ 

¹Национальный исследовательский университет

«Высшая школа экономики»,

г. Санкт-Петербург, Россия

²Компания «Яков и Партнеры»,

г. Москва, Россия

 egorbukharin01@gmail.com

Аннотация. Нестабильность на рынке общественного питания в связи с пандемией COVID-19 и санкциями обострила потребность в разработке эффективного инструмента оценки рисков дефолта в этой отрасли. Качество прогнозирования дефолта в значительной степени зависит от того, насколько хорошо модель соответствует конкретной среде. В связи с этим необходимо внести некоторые коррективы, чтобы адаптировать классические модели прогнозирования дефолтов к российскому сектору общественного питания. В статье выдвинута гипотеза о том, что добавление нефинансовых факторов и использование современных методов прогнозирования может существенно повысить точность моделей. Целью данного исследования является определение влияния включения нефинансовых факторов и современных методов моделирования на точность прогнозирования дефолтов для предприятий общественного питания в России. Тесты на выборке из 1241 фирмы за период с 2017 по 2021 г. показали, что создание модели прогнозирования с помощью современных методов, таких как Random Forest и XGBoost, повышает точность прогнозирования с 70 % до примерно 80 %, по сравнению со стандартной логит-моделью. Добавление в модели нефинансовых факторов также несколько повышает точность, однако не дает существенного эффекта. Важнейшими метриками в прогнозировании дефолта оказались коэффициент текущей ликвидности и отношение оборотного капитала к совокупным активам. Наиболее важными нефинансовыми факторами являются совокупные активы и возраст. Наши результаты согласуются с уже существующими исследованиями в этой области и формируют новый пласт знаний за счет применения в конкретной отрасли. Результаты могут быть использованы банками или другими контрагентами, которые взаимодействуют с предприятиями общественного питания, для оценки их кредитного риска.

Ключевые слова: прогнозирование дефолта; общественное питание; нефинансовые факторы; машинное обучение.

Список использованных источников

1. Beaver W. Financial Ratios as Predictors of Failure // Journal of Accounting Research. 1966. Vol. 4. Pp. 71–111. <https://doi.org/10.2307/2490171>
2. Altman E. Financial Ratios, Discriminant Analysis and the Prediction of Corporate Bankruptcy // Journal of Finance. 1968. Vol. 23, No. 4. Pp. 589–609. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1968.tb00843.x>
3. Taffler R. Forecasting Company Failure in the UK Using Discriminant Analysis and Financial Ratio Data // Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General). 1982. Vol. 145, No. 3. Pp. 342–358. <https://doi.org/10.2307/2981867>

4. *Ohlson J.* Financial Ratios and the Probabilistic Prediction of Bankruptcy // *Journal of Accounting Research*. 1980. Vol. 18, No. 1. Pp. 109–131. <https://doi.org/10.2307/2490395>
5. *Zmijewski M.* Methodological Issues Related to the Estimation of Financial Distress Prediction Models // *Journal of Accounting Research*. 1984. Vol. 22. Pp. 59–82. <https://doi.org/10.2307/2490859>
6. *Kwon T., Lee Y.* Industry specific defaults // *Journal of Empirical Finance*. 2018. Vol. 45. Pp. 45–58. <https://doi.org/10.1016/j.jempfin.2017.10.002>
7. *Pan W.-T.* A new Fruit Fly Optimization Algorithm: Taking the financial distress model as an example // *Knowledge Based Systems — KBS*. 2012. Vol. 26. Pp. 69–74. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2011.07.001>
8. *Brown I., Mues C.* An experimental comparison of classification algorithms for imbalanced credit scoring data sets // *Expert Systems with Applications*. 2012. Vol. 39, Issue 3. Pp. 3446–3453. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.09.033>
9. *Jaki A., Cwięk W.* Bankruptcy Prediction Models Based on Value Measures // *Journal of Risk and Financial Management*. 2021. Vol. 14, Issue 1. 6. <https://doi.org/10.3390/jrfm14010006>
10. *Xie C., Luo C., Yu X.* Financial distress prediction based on SVM and MDA methods: The case of Chinese listed companies // *Quality & Quantity*. 2011. Vol. 45, No. 3. Pp. 671–686. <https://doi.org/10.1007/s11135-010-9376-y>
11. *Boubaker S., Cellier A., Manita R., Saeed A.* Does corporate social responsibility reduce financial distress risk? // *Economic Modelling*. 2020. Vol. 91. Pp. 835–851. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2020.05.012>
12. *Iwanicz-Drozdowska M., Laitinen E. K., Suvas A., Altman E.* Financial and nonfinancial variables as long-horizon predictors of bankruptcy // *The Journal of Credit Risk*. 2016. Vol. 12, No. 4. Pp. 49–78. <https://doi.org/10.21314/JCR.2016.216>
13. *Lugovskaya L.* Predicting default of Russian SMEs on the basis of financial and non-financial variables // *Journal of Financial Services Marketing*. 2010. Vol. 14, Issue 4. Pp. 301–313. <https://doi.org/10.1057/fsm.2009.28>
14. *Bhimani A., Gulamhussen M., Lopes S. da R.* The Role of Financial, Macroeconomic, and Non-financial Information in Bank Loan Default Timing Prediction // *European Accounting Review*. 2013. Vol. 22, Issue 4. Pp. 739–763. <https://doi.org/10.1080/09638180.2013.770967>
15. *Blanco-Oliver A., Irimia-Diequez A., Oliver-Alfonso M. D., Vázquez-Cueto M. J.* Hybrid model using Logit and nonparametric methods for predicting micro-entity failure // *Investment Management and Financial Innovations*. 2016. Vol. 13. Pp. 35–46. [http://dx.doi.org/10.21511/im-fi.13\(3\).2016.03](http://dx.doi.org/10.21511/im-fi.13(3).2016.03)
16. *Altman E., Sabato G., Wilson N.* The value of non-financial information in SME risk management // *Journal of Credit Risk*. 2010. Vol. 6. Pp. 95–127. <http://doi.org/10.21314/JCR.2010.110>
17. *Frank R., Massy W., Morrison D.* Bias in Multiple Discriminant Analysis // *Journal of Marketing Research*. 1965. Vol. 2, No. 3. Pp. 250–258. <https://doi.org/10.2307/3150183>
18. *Wilson R., Sharda R.* Bankruptcy prediction using neural networks // *Decision Support Systems*. 1994. Vol. 11, No. 5. Pp. 545–557. [https://doi.org/10.1016/0167-9236\(94\)90024-8](https://doi.org/10.1016/0167-9236(94)90024-8)
19. *Altman E., Sabato G.* Modelling Credit Risk for SMEs: Evidence from the U. S. Market // *Abacus*. 2007. Vol. 43, Issue 3. Pp. 332–357. <https://doi.org/10.1111/j.1467-6281.2007.00234.x>
20. *Gruszczyński M.* Financial Distress of Companies in Poland // *International Advances in Economic Research*. 2004. Vol. 10, No. 4. Pp. 249–256. <https://doi.org/10.1007/BF02295137>
21. *Hunter J., Isachenkova N.* Failure risk: A comparative study of UK and Russian firms // *Journal of Policy Modeling*. 2001. Vol. 23, Issue 5. Pp. 511–521. [https://doi.org/10.1016/S0161-8938\(01\)00064-3](https://doi.org/10.1016/S0161-8938(01)00064-3)
22. *Lin L., Piesse J.* The identification of corporate distress in UK industrials: a conditional probability analysis approach // *Applied Financial Economics*. 2004. Vol. 14, Issue 2. Pp. 73–82. <https://doi.org/10.1080/0960310042000176344>

23. *Sirirattanaphonkun W., Pattarathammas S.* Default Prediction for Small-Medium Enterprises in Emerging Market: Evidence from Thailand // *Seoul Journal of Business*. 2012. Vol. 18, No. 2. Pp. 25–54. <http://dx.doi.org/10.35152/snusjb.2012.18.2.002>
24. *Zhao Y., Lin D.* Prediction of Micro- and Small-Sized Enterprise Default Risk Based on a Logistic Model: Evidence from a Bank of China // *Sustainability*. 2023. Vol. 15, Issue 5. 4097. <https://doi.org/10.3390/su15054097>
25. *Mselmi N., Lahiani A., Hamza T.* Financial distress prediction: The case of French small and medium-sized firms // *International Review of Financial Analysis*. 2017. Vol. 50. Pp. 67–80. <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2017.02.004>
26. *Barboza F., Kimura H., Altman E.* Machine Learning models and bankruptcy prediction // *Expert Systems with Applications*. 2017. Vol. 83. Pp. 405–417. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2017.04.006>
27. *Wu Y., Gaunt C., Gray S.* A comparison of alternative bankruptcy prediction models // *Journal of Contemporary Accounting & Economics*. 2010. Vol. 6, Issue 1. Pp. 34–45. <https://doi.org/10.1016/j.jcae.2010.04.002>
28. *Fedorova E., Ledyeva S., Drogovoz P., Nevredinov A.* Economic policy uncertainty and bankruptcy filings // *International Review of Financial Analysis*. 2022. Vol. 82. 102174. <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2022.102174>
29. *Situm M.* Financial distress in the Austrian tourism industry: hotels and restaurants analysis // *European Journal of Tourism Research*. 2023. Vol. 34. 3411. <https://doi.org/10.54055/ejtr.v34i.2992>
30. *Kim S., Upneja A.* Predicting restaurant financial distress using decision tree and AdaBoosted decision tree models // *Economic Modelling*. 2014. Vol. 36. Pp. 354–362. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2013.10.005>
31. *Gu Z.* Analyzing bankruptcy in the restaurant industry: A multiple discriminant model // *International Journal of Hospitality Management*. 2002. Vol. 21, Issue 1. Pp. 25–42. [https://doi.org/10.1016/S0278-4319\(01\)00013-5](https://doi.org/10.1016/S0278-4319(01)00013-5)
32. *Breiman L.* Random Forests // *Machine Learning*. 2001. Vol. 45, No. 1. Pp. 5–32. <https://doi.org/10.1023/A:1010933404324>
33. *Chen T., Guestrin C.* XGBoost: A Scalable Tree Boosting System // *Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*. San Francisco, 2016. Pp. 785–794. <https://doi.org/10.1145/2939672.2939785>
34. *Казаков А., Кольшикин А.* Разработка моделей прогнозирования банкротства в современных российских условиях // *Вестник Санкт-Петербургского университета. Экономика*. 2018. Т. 34, № 2. С. 241–266. <https://doi.org/10.21638/11701/spbu05.2018.203>
35. *Karminsky A., Burekhin R.* Comparative analysis of methods for forecasting bankruptcies of Russian construction companies // *Business Informatics*. 2019. Vol. 13, No. 3. Pp. 52–66. <https://doi.org/10.17323/1998-0663.2019.3.52.66>
36. *Afanasev V., Tarasova Y.* Default Prediction for Housing and Utilities Management Firms Using Non-Financial Data // *Financial Journal*. 2022. Vol. 14, No. 6. Pp. 91–110. <https://doi.org/10.31107/2075-1990-2022-6-91-110>
37. *Menardi G., Torelli N.* Training and assessing classification rules with unbalanced data // *Data Mining and Knowledge Discovery*. 2012. Vol. 28. Pp. 92–122. <https://doi.org/10.1007/s10618-012-0295-5>
38. *Becerra-Vicario R., Alaminos D., Aranda E., Fernández-Gámez M. A.* Deep Recurrent Convolutional Neural Network for Bankruptcy Prediction: A Case of the Restaurant Industry // *Sustainability*. 2020. Vol. 12, Issue 12. 5180. <https://doi.org/10.3390/su12125180>
39. *Fernando J., Li L., Hou G.* Financial versus Non-Financial Information for Default Prediction: Evidence from Sri Lanka and the USA // *Emerging Markets Finance and Trade*. 2020. Vol. 56, Issue 3. Pp. 673–692. <https://doi.org/10.1080/1540496X.2018.1545644>
40. *Makeeva E., Sinilshchikova M.* News Sentiment in Bankruptcy Prediction Models: Evidence from Russian Retail Companies // *Journal of Corporate Finance Research*. 2020. Vol. 14, No. 4. Pp. 7–18. <https://doi.org/10.17323/j.jcfr.2073-0438.14.4.2020.7-18>

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Бухарин Егор Олегович

Студент магистратуры Санкт-Петербургской школы экономики и менеджмента Санкт-Петербургского филиала, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», г. Санкт-Петербург, Россия (190121, г. Санкт-Петербург, ул. Союза Печатников, 16); ORCID <https://orcid.org/0009-0004-3135-5469> e-mail: egorbukharin01@gmail.com

Мангилева Софья Игоревна

Старший аналитик, Компания «Яков и Партнеры», г. Москва, Россия (125047, Москва, ул. Лесная 5, строение С); ORCID <https://orcid.org/0009-0001-9574-1834> e-mail: sofiamangileva@gmail.com

Афанасьев Владислав Викторович

Преподаватель департамента финансов Санкт-Петербургской школы экономики и менеджмента Санкт-Петербургского филиала, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», г. Санкт-Петербург, Россия (190121, г. Санкт-Петербург, ул. Союза Печатников, 16); ORCID <https://orcid.org/0000-0002-4041-4465> e-mail: vvafanasev@hse.ru

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ

Бухарин Е. О., Мангилева С. И., Афанасьев В. В. Прогноз дефолта для российских предприятий общественного питания: вклад нефинансовых факторов и машинного обучения // Journal of Applied Economic Research. 2024. Т. 23, № 1. С. 206–226. <https://doi.org/10.15826/vestnik.2024.23.1.009>

ИНФОРМАЦИЯ О СТАТЬЕ

Дата поступления 30 июня 2023 г.; дата поступления после рецензирования 5 декабря 2023 г.; дата принятия к печати 12 января 2024 г.



Моделирование влияния компетенций сотрудника на его результативность с учетом выгорания

Л. С. Мазелис¹  , Г. В. Гренкин¹ , К. И. Лавренюк² 

¹Владивостокский государственный университет,
г. Владивосток, Россия

²ООО «Умное пространство» (Samokat.tech),
г. Санкт-Петербург, Россия

 lev.mazelis@vvsu.ru

Аннотация. Исследование проведено в рамках актуальной задачи изучения факторов развития человеческого капитала организации, оказывающих прямое или косвенное влияние на производительность труда сотрудников. Набор таких факторов включает показатели уровня развития компетенций и степени выгорания индивидуума. Целью работы является разработка экономико-математического инструментария, количественно описывающего влияние значений компетенций сотрудника на его ключевые показатели эффективности (KPI) с учетом уровня выгорания, определяемого значениями лояльности, вовлеченности, удовлетворенности. Проверяется гипотеза о возможности построения инструмента, позволяющего на основе нечеткой классификации сотрудников по уровню развития компетенций построить для каждой категории функциональные зависимости KPI от показателей выгорания. В качестве исходных данных использованы результаты самооценки компетенций и выгорания сотрудников, в основном работающих по направлениям IT и HR в семи крупных российских компаниях, откалиброванные непосредственными руководителями респондентов, и фактические значения их KPI. В работе предложен подход, включающий в себя два этапа. На первом шаге строится нечеткая модель, позволяющая на основе взвешенного интегрального показателя развития компетенций с оптимальными весовыми коэффициентами разделить область значений интегрального показателя на неравномерные по размеру категории, с помощью которых можно прогнозировать достижение KPI. На втором шаге для объяснения разброса значений KPI сотрудников, принадлежащих в нечеткой постановке отдельным категориям компетентности, около ожидаемого значения KPI взвешенным методом наименьших квадратов построена эконометрическая модель зависимости KPI от показателей выгорания сотрудников. Предложенный инструмент позволит прогнозировать достижения KPI сотрудниками в зависимости от входных значений компетенций и уровня выгорания. В дальнейшем это позволит формировать оптимальный портфель мероприятий программы well-being, которые будут оказывать влияние на развитие компетенций сотрудников и снижать уровень их выгорания, а следовательно, способствовать максимальному продвижению по достижению целевых значений KPI.

Ключевые слова: компетенция; ключевой показатель эффективности; процесс выгорания; нечеткая оптимальная классификация.

1. Введение

Социально-экономические изменения последних лет (перестроение и удорожание логистики, агрессивный рост

заработных плат дефицитных и востребованных специалистов, рационализация потребительского поведения ввиду опережающего роста стоимости продуктовой

корзины над средней заработной платой и пр.) приводят организации к трансформации базовых принципов своего функционирования в сторону гибких и быстро адаптирующихся систем управления. При этом организации работают в среде с высокой динамикой технологических изменений и постоянным ростом конкуренции как за конечных потребителей, так и за ресурсы. В таких условиях ключевым фактором успеха становится компетентность сотрудников. Организации осознают, что им необходимы высококвалифицированные и профессиональные сотрудники, способные эффективно выполнять свои обязанности и вносить значимый вклад в их развитие.

Кроме компетенций, важным фактором, влияющим на результативность сотрудников, является их эмоциональное и физическое состояние. Выгорание, которое часто возникает в условиях повышенного стресса и перегрузки на работе, может серьезно подорвать производительность и благополучие сотрудников.

В связи с чем понимание взаимосвязи между компетенциями, выгоранием и результативностью является крайне актуальным для организаций. Это поможет им разработать стратегию управления персоналом, направленную на эффективное использование компетенций сотрудников, предотвращение выгорания и создание благоприятной корпоративной среды.

Актуальность данной темы в свете событий последних лет еще более возрастает. Работа в условиях удаленного доступа, неопределенность и повышенные требования к адаптации могут значительно повлиять на компетенции и благополучие сотрудников. Поэтому изучение влияния компетенций и выгорания на результативность становится особенно важным для успешного функционирования организаций в новой реальности.

Целью исследования является разработка экономико-математического инструментария, количественно описывающего влияние значений компетенций сотрудника на его КРІ с учетом уровня выгорания.

Выдвигается гипотеза о возможности построения инструмента, позволяющего на основе нечеткой классификации сотрудников по уровню развития компетенций построить для каждой категории функциональные зависимости КРІ от показателей выгорания.

Для достижения цели ставятся следующие задачи:

- 1) разработать модель, описывающую влияние компетенций сотрудника на значения его КРІ и позволяющую по сформированному в модели интегральному показателю уровня компетенций отнести сотрудника в нечеткой постановке к конкретным категориям для каждого ключевого показателя эффективности;
- 2) разработать метод количественной оценки влияния выгорания сотрудника на достижение целевых значений КРІ за счет полноты использования им собственных компетенций.

2. Обзор литературы

В результате анализа научных работ, напрямую или косвенно затрагивающих различные аспекты влияния компетентности сотрудников на их результативность деятельности с учетом выгорания, можно выделить несколько групп исследований, в рамках которых рассматриваются ответы на следующие обобщенные вопросы.

2.1. На что влияет уровень компетенций сотрудника?

Kim & Jung [1] исследуют влияние организационной культуры и компетентности сотрудников на воспринимаемые работниками стрессовые ситуации и, как

следствие, на их производительность труда. Авторы отмечают негативное влияние рабочего стресса на производительность и приходят к выводу о важности для работников компетенции адаптироваться к изменениям, чтобы успешно работать в организации с командным стилем работы.

Jia [2] предлагает модель взаимосвязи между инновациями в управлении человеческими ресурсами, компетенциями сотрудников и эффективностью инноваций на предприятии. Проведенный количественный анализ выявил положительное влияние компетенций вместе с внедрением инноваций на результативность.

Daniali et al. [3] предложили структуру профессиональной компетентности сотрудников и оценку ее использования при найме на работу и продвижении по службе с учетом эффективности в достижении целей организации. Авторы выявили критические компетенции для четырех областей деятельности (здравоохранение, образование, культура, социальная) и предложили учитывать сквозные и дисциплинарные компетенции для обязательств в рамках концепции устойчивого развития.

Kurniawan et al. [4] оценивали прямое и косвенное влияния компетентности сотрудников и их должностных характеристик на эффективность работы через трудовую мотивацию. Методом статистической проверки гипотез на малой выборке подтверждены гипотезы по взаимосвязям.

Sabuhari et al. [5] анализировали влияние гибкости человеческих ресурсов, компетенций сотрудников, адаптации к организационной культуре и удовлетворенности работой на эффективность работы сотрудников. Один из выводов исследования состоит в том, что организационная культура может не оказывать существенного влияния на производительность труда.

Мазелис et al. [6] изучили вопрос развития компетентности сотрудников за счет реализации программы well-being организации и тем самым ее влияния на достижение ключевых показателей эффективности сотрудников. Авторами разработана модель, функционально описывающая влияние процесса инвестирования на развитие компетенций сотрудников.

Учитывая вышеизложенное, отметим, что в большинстве работ показано влияние компетентности сотрудников на их производительность труда. При этом слабо изучен вопрос структуры такого влияния, т. е. как конкретные компетенции сотрудника влияют на продвижение по достижению тех или иных задач. Дополнительно к этому стоит указать на то, что в ряде работ отмечается негативное влияние выгорания, формирующегося в результате повышенного стресса на рабочем месте, на производительность труда, но природа такого влияния объяснена достаточно слабо.

2.2. Что влияет на производительность труда сотрудников?

Atatsi et al. [7] выделяют группы факторов, влияющих на производительность: лидерство, приверженность целям организации, вовлеченность в работу, сложившийся стиль поведения, индивидуальное и командное обучение и практика управления. Приведенный аналитический обзор исследований способствует пониманию оценки эффективности работы сотрудников с разнообразных точек зрения и помогает получить представление о реальных возможностях, ограничениях и решениях по улучшению управления производительностью. Отмечается, что не существует стандартного инструмента измерения эффективности работы сотрудников и необходимо поощрять использование

качественных инновационных методов исследования.

Dharmanegara et al. [8] продемонстрировали влияние компетенций и удовлетворенности сотрудников на производительность труда.

Чуланова и Иволина [9] обосновывают важность эмоциональных компетенций руководителя для достижения целей организации и дают операционализацию soft-skills с выделением эмоциональных компетенций в отдельную категорию.

Pyukhina & Bogatyreva [10] отмечают, что на эффективность деятельности компании, помимо компетентности, влияет также и вовлеченность сотрудников, т. е. степень совпадения ценностей организации с ценностями сотрудника. Авторы отмечают, что стимулирование труда сотрудников не является основным инструментом повышения их заинтересованности и удержания, и предлагают систему мероприятий по развитию персонала для повышения их вовлеченности в результат деятельности транспортной компании.

Keller et al. [11] говорят о том, что внедрение цифровых технологий в промышленности должно привести к повышению производительности труда за счет использования цифровых ассистентов, причем их эффективность в большей степени проявляется при достаточной сложности работы и ограниченной компетентности сотрудников.

Алашеев и др. [12] говорят о том, что в целом развитие общих компетенций работников коррелирует с их производительностью труда, росту которой способствуют инвестиции работодателей в человеческий капитал. Авторами на основе анализа выборки по всем промышленным предприятиям Самарской области показано, что уровень общих компетенций оказывает более сильное влияние на производительность труда

по сравнению с профессиональными компетенциями. Следует отметить, что взаимосвязь выявлялась на уровне совокупной рабочей силы.

Khan et al. [13] отмечают положительное влияние трансформационного лидерства на мотивацию и результативность сотрудников при снижении их выгорания через создание свободной от стресса и плодотворной для эффективной работы среды. Однако исследование обладает ограничениями: 1) выборка являлась пространственной, и не исследовалось изменение взаимосвязей во времени; 2) поскольку данные собраны из одного источника, возможна систематическая ошибка.

Diamantidis & Chatzoglou [14] изучают зависимости между факторами, связанными с окружающей средой (культура обучения, поддержка руководства, динамика изменения окружающей среды и организационный климат), факторами, связанными с работой (рабочая среда, автономия работы, общение на рабочем месте) и факторами, связанными с сотрудниками (внутренняя мотивация, гибкость навыков, уровень квалификации, проактивность, адаптивность, целеустремленность) и их влияния на производительность труда сотрудника.

Мазелис et al. [15] провели оценку взаимосвязи показателей ожидания сотрудников от корпоративной среды организации и уровней их выгорания. Для этого авторами построена модель, позволяющая на основе классификации сотрудников по их ожиданиям наличия мероприятий в программе well-being построить нечеткую классификацию сотрудников по уровням выгорания с ранжированием экзогенных факторов по степени влияния на показатели выгорания.

Sitoru et al. [16] провели анализ влияния мотивации, трудовой дисциплины и вознаграждения на производитель-

ность труда сотрудников. Построенная трехфакторная линейная регрессия позволила ранжировать экзогенные факторы по силе влияния, однако принадлежность сотрудников одной организации может приводить к наличию систематической ошибки.

Riyanto et al. [17] анализировали влияние мотивации и удовлетворенности сотрудников работой на производительность труда для сотрудников компаний из IT-сферы. Статистический анализ эмпирических данных показал, что мотивация положительно влияет на производительность IT-сотрудников. Вовлеченность же напрямую слабо сказывается на производительности, но может оказывать существенное влияние опосредованно через мотивацию и удовлетворенность.

Vuil et al. [18] изучили роли организационной идентификации и вовлеченности в работу во взаимосвязи между трансформационным лидерством и эффективностью работы, а также гражданским поведением, ориентированным на организацию. Анализ методом частичных наименьших квадратов PLS базы данных опросов сотрудников отелей 12 крупнейших гостиничных сетей Испании показал, что идентификация и вовлеченность в значительной степени описывают взаимосвязь между лидерством и организационным поведением и указывают на косвенное влияние на производительность труда.

Song et al. [19] проанализировали позитивное влияние использования социальных сетей на рабочем месте на эффективность работы сотрудников и команды в целом. Выявлен синергетический эффект двух типов сетей в Китае (DingTalk, WeChat), создающих инструментальную и социальную ценности.

Bataineh [20] проводит анализ взаимосвязи между балансом работы и личной жизнью (Work-Life Balance), ин-

дексом счастья и производительностью труда сотрудников. Отметим ограничения построенной многофакторной регрессии: база данных сформирована анкетированием сотрудников одной фармацевтической компании, отличающейся ведением бизнеса от организаций других отраслей; данные представляли собой пространственную выборку, поэтому разработанная модель не исследовалась в динамике.

Brown et al. [21] выявили положительную взаимосвязь между уровнем доверия сотрудников к менеджерам и производительностью труда, а также описали возможные механизмы, посредством которых могут действовать такие отношения. Авторы приходят к выводу, что повышению доверия способствует снижение сверхурочных вместе с доступностью повышения квалификации, а организационные изменения могут снижать доверие.

Roberts & David [22] установили негативное влияние использования смартфонов на работе на эффективность руководства. Выборка исследования формировалась анкетированием работников двух отраслей и проверялась на наличие систематического сдвига. Это позволило получить достоверные результаты влияния фаббинга и оценить их точность.

Wong et al. [23] изучили влияние глобальной пандемии COVID-19 на восприятие профессиональных стрессоров сотрудниками отелей. Используя ответы 758 сотрудников из США, построены функциональные зависимости, которые в дальнейшем подверглись анализу. Результаты показали, что профессиональные стрессоры после вспышки COVID-19 включают в себя три области: традиционные стрессоры, связанные с работой в отеле; нестабильные стрессоры, связанные с рабочей средой в отеле; незтичные стрессоры, связанные с трудовой практикой в отеле.

Если резюмировать вышеописанное, то любой внутренний и внешний фактор, в той или иной степени взаимосвязанный с выполнением сотрудником его трудовой функции и напрямую или косвенно влияющий на его физическое или эмоциональное состояние, приводит к изменению его производительности труда, а также эффективности и результативности деятельности.

Отметим, что важную роль в изменении производительности труда сотрудника играет уровень выгорания сотрудника. При этом причин для выгорания сотрудника существует множество: несоответствие ожиданий и реальности, мультизадачность, монотонность работы и пр. Более подробно поговорим об этом далее.

2.3. Как выгорание сотрудников влияет на их работу?

Maslach et al. [24] отмечают, что выгорание является психологическим синдромом, представляющим собой устойчивую реакцию на долговременные межличностные отношения на работе, включающую в себя чрезмерное истощение, чувство цинизма и отстранения от работы, а также ощущение неэффективности и отсутствия достижений.

Maslach [25] разработал и апробировал шкалу для оценки различных аспектов синдрома эмоционального выгорания. В работе выделены три подшкалы: эмоциональное истощение, деперсонализация и личные достижения. Проведенная апробация показала, что шкала обладает как высокой надежностью, так и валидностью использования в качестве показателя эмоционального выгорания. Автор обосновывает, что люди с высокими уровнями эмоционального истощения чаще испытывают чрезмерную рабочую нагрузку, люди с высоким уровнем цинизма или деперсонализации испытывают не перегрузку

на работе, а скорее разрыв с организацией, ее членами, культурой или ценностями, а люди с низкой профессиональной эффективностью, как правило, выполняют нелюбимую и неэффективную работу.

Edú-Valsania et al. [26] показывают, что выгорание работников обычно имеет не только индивидуальные, но и организационные причины, а последствия выгорания сказываются на здоровье и результативности, что, в частности, приводит к абсентеизму. В работе проанализированы инструменты, позволяющие измерять выгорание, и модели, описывающие этот синдром.

Ouyang et al. [27] изучили предпосылки эмоционального выгорания, связанные с удовлетворенностью выполняемыми трудовыми задачами и психологической обстановкой в компании. Результаты анализа данных достаточно большой выборки показали, что нелегитимные задачи стимулируют развитие выгорания. Организациям рекомендовано развивать коллективный климат, позволяющий нивелировать действие данного типа стрессора на профессиональное выгорание.

Matani & Bidmeshki [28] исследуют компоненты выгорания и их взаимосвязи с показателями эффективности работы сотрудников. Методами корреляционного анализа выборки среднего объема оценено влияние факторов, влияющих на выгорание, а также элементов выгорания на производительность труда. Следует отметить неподтверждение гипотез о влиянии профессионального выгорания на компоненты организационной поддержки и уровень доверия к организации.

Rughoobur-Seetah [29] анализирует и оценивает факторы, влияющие на эффективность работы сотрудников в период после COVID-19 (в частности, эмоционального выгорания). Методами факторного анализа проведено тестиро-

вание выдвинутых гипотез взаимовлияния факторов и сделаны практические рекомендации топ-менеджменту по развитию человеческого капитала.

Fastje et al. [30] изучают роль «норм сверхурочных» как посредника между рабочим климатом, ориентированным на производительность, и эмоциональным выгоранием сотрудников. Полученные методом SmartPLS результаты показали, что рабочий климат и вовлеченность являются ресурсами, которые снижают выгорание, а топ-менеджменту необходимо осторожно относиться к увеличению продолжительности рабочего дня.

Kalandatzis & Huz [31] описали феномен профессионального выгорания среди сотрудников банковского сектора в неблагоприятных экономических условиях. База данных среднего объема сформирована на основе опросника выгорания Маслах. Корреляционный анализ данных позволил учесть при моделировании выгорания уровень конкуренции во внешней среде, а также возраст и опыт сотрудников.

Wulantika et al. [32] определяют взаимосвязи между социальной поддержкой, профессиональным выгоранием и производительностью сотрудников. Один из выводов заключается в том, что социальная поддержка не влияет на эффективность работы сотрудников. Отметим, что результаты получены статистическими методами на малой выборке, и поэтому к ним надо относиться осторожно.

Piyakun & Salim [33] рассмотрели две группы педагогических работников из разных стран и установили, что условия труда существенно влияют на их психическое состояние. Установлено, что для шкал психического здоровья и эмоционального выгорания прогностические паттерны различаются как по факторам, так и между группами.

Rony & Pardosi [34] аргументировали, что низкая вовлеченность сотрудников в работу не всегда связана с их выгоранием, и чем больше сотрудники работают, тем существеннее они ощущают выгорание. В работе использовались цифровые двойники сотрудников, а для анализа явных и латентных переменных и количественной оценки взаимосвязей применялся пакет LISREL.

Gong et al. [35] рассматривают взаимовлияние факторов: эмоциональный интеллект, психологический капитал, производительность труда. Полученные результаты показывают направление и дают количественную оценку каналов влияния между ними с учетом демографических показателей. Отметим ограничения исследования: во-первых, переменная производительность труда измерялась самоотчетом сотрудников, что снижает объективность используемых данных; во-вторых, выборка сформирована по данным нескольких фиксированных районов Китая, что может ограничивать использование результатов для других культурных традиций.

Wu et al. [36] рассматривают взаимовлияние неопределенности ролей, ролевого конфликта, карьерного призвания, выгорания и производительности труда. В исследовании получено подтверждение связи выгорания со стрессом из-за распределения ролей на работе. Имеет смысл ввести в рассмотрение другие переменные, например конфликт между работой и семьей, личностные характеристики.

Таким образом, выгорание является одним из факторов, который влияет на работу сотрудника в сторону снижения производительности труда. При этом открытым остается вопрос, за счет чего происходит снижение производительности.

В рамках данной работы формируется предположение, что выгорание

влияет на результативность работы сотрудника за счет снижения полноты использования им собственных компетенций, т. е. чем выше уровень выгорания, тем меньше сотрудник способен использовать свои компетенции в полную силу.

Mazelis & Lavrenyuk [37] ранее разработали инструменты по моделированию процесса развития компетенций сотрудников и их влияния на КРІ, построенные на основе экспертных оценок и предположений, но не учитывающие влияние выгорания на производительность труда.

Опираясь на проведенный обзор литературы, можно отметить, что имеющаяся теоретико-методологическая база исследования обладает определенными недостатками и допущениями, на решение которых и будет направлено данное исследование, в частности:

- не в полной мере описано функциональное влияние конкретных компетенций сотрудника на те или иные компоненты его производительности труда и тем самым на показатели результативности и эффективности деятельности организации;
- не в полной мере учитывается влияние уровня выгорания сотрудников на их производительность труда с учетом взаимосвязи выгорания и полноты использования компетенций;
- не в полной мере учитываются существующие неопределенности при оценке влияния компетенций сотрудника на его производительность труда с учетом выгорания.

Учитывая это, можно сделать выводы о существовании дефицита инструментальных средств. В частности, средств, которые позволяют описывать влияние компетенций сотрудников на их производительность труда и соответственно на результаты работы организации в целом с учетом выгорания.

А также дефицит инструментов, которые в условиях ресурсных ограничений, высокой конкуренции за ресурсы, рисков и неопределенностей позволяют развивать компетенции сотрудников и снижать их уровень выгорания. Данные инструментальные средства будут способствовать максимальному продвижению по достижению целевых значений ключевых показателей эффективности как отдельного сотрудника, так и организации в целом.

3. Методы и материалы

3.1. Модель

Рассмотрим работу персонала организации на некотором временном интервале и будем считать, что изменение достигаемых сотрудником значений КРІ происходит как за счет повышения его компетентности, так и за счет снижения уровня выгорания. При этом указанные факторы могут изменяться вследствие реализации мероприятий well-being.

Разработку инструмента, позволяющего оценить предполагаемый уровень достижения сотрудниками КРІ при известных оценках их компетенций и показателях выгорания, разобьем на два этапа.

1. Построение нечеткой модели, позволяющей на основе взвешенного интегрального показателя развития компетенций с оптимальными весовыми коэффициентами разделить область значений интегрального показателя на неравномерные по размеру категории. Такое разделение будет производиться исходя из минимума внутригруппового разброса КРІ. Для множества сотрудников модель позволит провести их нечеткую классификацию по принадлежности значений их интегрального показателя развития компетенций к выделенным диапазонам, которые интерпретируются как категории компетентности сотрудников. Таким образом, при отнесении каждого

сотрудника нечетким образом к категориям его компетентности выделяются их классы, которые могут рассматриваться по отдельности. Каждый класс характеризуется ожидаемым значением КРІ.

2. Для объяснения разброса значений КРІ сотрудников, принадлежащих в нечеткой постановке отдельным категориям компетентности, около ожидаемого значения КРІ взвешенным методом наименьших квадратов (с учетом меры принадлежности субъекта к категории) построим линейную модель зависимости КРІ от показателей выгорания сотрудников.

Для анализа работы персонала будем использовать КРІ и показатели выгорания, усредненные по времени на краткосрочном горизонте планирования величиной один год, разбитом на кварталы.

Введем следующие параметры и переменные:

i — номер сотрудника организации, $i = 1, 2, \dots, I$;

j — номер компетенции сотрудника, $j = 1, 2, \dots, J$;

m — номер КРІ, $m = 1, 2, \dots, M$;

l — номер показателя выгорания, $l = 1, 2, 3$;

s — номер интервала изменения интегрального показателя развития компетенций, $s = 1, 2, \dots, S$;

c_{ij} — уровень развития у i -го сотрудника j -й компетенции;

b_{il} — значение l -го показателя выгорания i -го сотрудника;

k_{im} — значение m -го КРІ i -го сотрудника;

C_i — интегральный показатель развития компетенций i -го сотрудника;

t_s — правая граница s -го интервала изменения интегрального показателя развития компетенций;

u_{is} — мера принадлежности точки C_i к s -му интервалу изменения интегрального показателя развития компетенций.

Далее выделим один из показателей КРІ с номером m и обозначим его значение для i -го сотрудника через $K_i = k_{im}$. Поставим задачу выявить зависимость K_i от уровней развития компетенций $c_{i1}, c_{i2}, \dots, c_{iJ}$ с помощью множественной кусочно-постоянной регрессии, учитывающей нечеткую принадлежность интегрального показателя развития компетенций $C_i = w_1c_{i1} + w_2c_{i2} + \dots + w_Jc_{iJ}$ к выделенным интервалам.

Для выбранного разбиения числовой оси на S интервалов $[t_0, t_1], [t_1, t_2], \dots, [t_{s-1}, t_s]$, где $t_0 = \min_i C_i$, $t_s = \max_i C_i$, определим функцию принадлежности i -го сотрудника s -му интервалу $[t_{s-1}, t_s]$ по формуле:

$$u_{is} = \begin{cases} \frac{C_i - a_{s-1}}{a_s - a_{s-1}}, & C_i \in [a_{s-1}, a_s], \\ \frac{a_{s+1} - C_i}{a_{s+1} - a_s}, & C_i \in [a_s, a_{s+1}], \\ 0, & \text{иначе,} \end{cases} \quad (1)$$

в которой $a_s = (t_{s-1} + t_s)/2$ — это середина s -го интервала. Таким образом мера принадлежности u_{is} линейно зависит от значения C_i на промежутках между серединами интервалов. Мера принадлежности s -му интервалу принимает значение 1 в середине s -го интервала a_s и значение 0 в серединах соседних интервалов a_{s-1} и a_{s+1} .

Для нахождения оптимальных весовых множителей w_1, w_2, \dots, w_J одновременно с оптимальным разбиением множества значений интегрального показателя развития компетенций на интервалы $[t_{s-1}, t_s]$ введем целевую функцию:

$$f(w_1, \dots, w_J, t_0, \dots, t_S) = \sum_{s=1}^S \sum_{i=1}^I u_{is} (K_i - d_s)^2, \quad (2)$$

и поставим задачу ее минимизации относительно параметров w_j, t_s и d_s .

Коэффициенты u_{is} определяются значениями интегрального показателя развития компетенций $C_i = w_1 c_{i1} + w_2 c_{i2} + \dots + w_j c_{ij}$ и координатами границ интервалов t_s . Числа d_s , при которых функция f достигает наименьшего значения при фиксированных значениях w_j, t_s , выражаются по формуле:

$$d_s = \frac{\sum_{i=1}^I u_{is} K_i}{\sum_{i=1}^I u_{is}}. \quad (3)$$

Получив искомые границы интервалов t_1, t_2, \dots, t_{s-1} вместе с оптимальными весовыми множителями w_j , попытаемся объяснить разброс значений показателя КРІ K_i внутри каждого интервала относительно среднего значения d_s , опираясь на значения показателей выгорания b_{il} .

Для этого, выбрав номер интервала s и придавая каждому наблюдению вес, равный мере принадлежности этому интервалу u_{is} , решим задачу взвешенного метода наименьших квадратов и построим множественную линейную регрессию для восстановления зависимости K_i от b_{il} с параметрами W_0, W_1, W_2, W_3 , обеспечивающими минимум целевой функции:

$$g_s(W_0, W_1, W_2, W_3) = \sum_{i=1}^I u_{is} (K_i - (W_0 + W_1 b_{i1} + W_2 b_{i2} + W_3 b_{i3}))^2. \quad (4)$$

3.2. Метод оптимизации

Задачу нахождения минимума целевой функции (2) предлагается решать итерационным методом, каждая итерация которого включает два этапа:

- 1) оптимизировать границы интервалов t_s при заданных множителях w_j ;
- 2) оптимизировать множители w_j при заданных границах интервалов t_s .

Этап 1 реализуется методом градиентного спуска. При заданных коэф-

фициентах w_j имеем точки (C_i, K_i) , для каждой из которых можно определить меру принадлежности s -му интервалу u_{is} , зависящую от выбора границ t_s . На границы накладывается ограничение монотонности: $t_1 \leq t_2 \leq \dots \leq t_{s-1}$.

Затем получаем соотношения для компонент градиента целевой функции:

$$\frac{\partial f}{\partial t_p} = \sum_{s=1}^S \sum_{i=1}^I d_s (d_s - 2K_i) \frac{\partial u_{is}}{\partial t_p}. \quad (5)$$

Для вычисления частных производных $\frac{\partial u_{is}}{\partial t_p}$ находим выражения для производных мер принадлежности по координатам центров интервалов $\frac{\partial u_{is}}{\partial a_p}$ и используем формулу:

$$\frac{\partial u_{is}}{\partial t_p} = \frac{1}{2} \frac{\partial u_{is}}{\partial a_p} + \frac{1}{2} \frac{\partial u_{is}}{\partial a_{p+1}}. \quad (6)$$

Вычисленные частные производные $\frac{\partial f}{\partial t_p}$ умножаются на параметр шага градиентного метода, и все числа t_s изменяются на эту величину, а затем корректируются, чтобы обеспечивалось ограничение монотонности. В качестве начального приближения берутся весовые коэффициенты из модели множественной линейной регрессии и границы интервалов, вычисленные для задачи кусочно-постоянной регрессии без нечеткости.

Этап 2 реализуется встроенным оптимизатором из библиотеки SciPy, использующим алгоритм BFGS с автоматическим вычислением градиента целевой функции.

3.3. Исходные данные

Выборка составляет $I = 219$ наборов c_{ij} для $J = 38$ компетенций, b_{il} для

$L = 3$ показателей и k_{im} для $M = 4$ показателей. Отметим, что респондентами в выборке, предоставившими вышеописанную информацию, являются действующие сотрудники семи российских компаний (таких как «Самокат», «Авито», «Газпром-Медиа» и др.), в основном работающих по направлениям IT и HR. Описание показателей приведено в работе Mazelis et al. [38], в т. ч. перечень личностных компетенций.

Перечень профессиональных компетенций имеет следующий вид:

- управление IT-проектами ($k = 19$);
- управление IT-продуктами ($k = 20$);
- бизнес-анализ ($k = 21$);
- системный анализ ($k = 22$);
- IT-архитектура ($k = 23$);
- UX/UI-дизайн ($k = 24$);
- написание программного кода ($k = 25$);
- тестирование ПО ($k = 26$);
- настройка и развертывание ПО ($k = 27$);
- сопровождение и поддержка ПО ($k = 28$);
- управление HR-проектами ($k = 29$);
- управление HR-продуктами ($k = 30$);
- кадровое администрирование ($k = 31$);
- рекрутинг ($k = 32$);
- адаптация (onboarding) ($k = 33$);
- компенсации и льготы (C&B) ($k = 34$);
- обучение и развитие (L&D) ($k = 35$);
- HR-бренд ($k = 36$);
- HR-аналитика ($k = 37$);
- внутрикорпоративная коммуникация ($k = 38$).

В рамках исследования проводилась оценка компетенций персонала по методу 180 градусов с использованием инструмента *beehive*. На первом этапе сотрудники проходили самооценку своих компетенций. На втором этапе их линейные руководители проводили калибровку этих оценок. В заключе-

ние между сотрудником и руководителем происходила встреча по методу «One-to-One», на которой они обсуждали финальную оценку по каждой компетенции.

Оценка степени выгорания проводилась с использованием онлайн-сервиса *anketolog.ru*. Опрос включал 23 вопроса, направленных на оценку лояльности, удовлетворенности и вовлеченности, на основе которых рассчитывалась степень выгорания конкретного сотрудника. Стоит отметить, что оценка осуществлялась с использованием лингвистических переменных.

В качестве данных по КРП использовались реальные ретроспективные значения сотрудников, проходивших две предыдущих оценки.

4. Результаты

Приведем примеры построения оценки влияния значений компетенций сотрудника на его КРП с учетом уровня выгорания, определяемого значениями удовлетворенности, вовлеченности и лояльности.

Построенная модель, определяющая зависимость КРП от значений компетенций при числе интервалов $S = 6$, представлена на рис. 1. По оси абсцисс отложены значения интегрального показателя развития компетенций C_i , по оси ординат — значения одного из КРП K_i . Цветом указаны значения среднего арифметического показателей выгорания $(b_{i1} + b_{i2} + b_{i3})/3$. Вертикальные линии показывают разделение значений интегрального показателя компетенций на диапазоны. Горизонтальные пунктирные линии указывают средние значения КРП d_s . На рис. 1 можно видеть только 5 интервалов, поскольку границы третьего диапазона $[62,3, 62,3]$ совпали, что может указывать на резкий перепад между точками, находящимися слева и справа от этой границы.

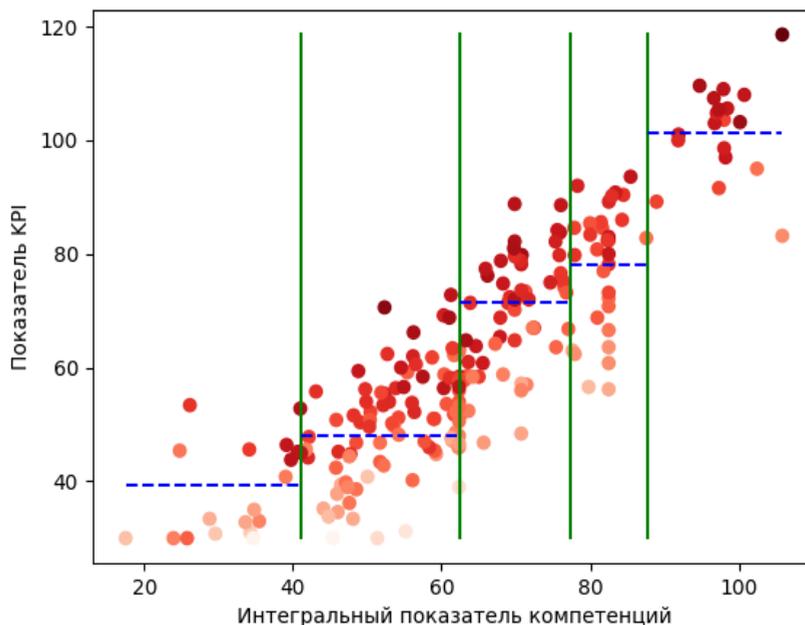


Рис. 1. График пар значений (C_i, K_i) с указанием среднего показателя выгорания (более темные точки соответствуют более высоким значениям этого показателя)

Figure 1. Graph of pairs of values (C_i, K_i) indicating the average burnout index (darker dots correspond to higher values of this indicator)

На графике можно видеть, что, во-первых, внутри каждого диапазона наблюдается разброс значений КРІ около среднего значения; во-вторых, точки с КРІ выше среднего преимущественно темнее, чем точки с КРІ ниже среднего. Следовательно, можно считать, что разброс значений КРІ объясняется наличием влияния иных факторов, например выгорания.

На рис. 2 представлена зависимость множественной линейной регрессии КРІ от показателей выгорания: по оси абсцисс отложен интегральный показатель выгорания $W_0 + W_1 b_{i1} + W_2 b_{i2} + W_3 b_{i3}$, по оси ординат — значения K_i , цветом показаны меры принадлежности точек второму диапазону значений интегрального показателя компетенций, имеющего координаты [41,1, 62,3]. Из данных графика можно сделать вывод, что учет выгорания вносит хорошую коррекцию в модель. Табл. 1 содержит зна-

чения весовых коэффициентов при компетенциях.

Учитывая данные табл. 1, отметим, что значения w_j можно трактовать, как коэффициенты влияния значений тех или иных компетенций на интегральный показатель, а следовательно, на принадлежность сотрудника к той или иной категории. Так, например, наибольшее влияние на интегральный показатель оказывают компетенции: «управление hr-проектами», «умение мотивировать» и «исполнительность».

В целом закономерность в какой-то степени является поверхностной, т. к. каждый показатель в действительности оказывает влияние в целом на достижение КРІ. При этом ряд компетенций имеют отрицательное влияние на интегральный показатель: «логичность изложения», «рефлексия», «системный анализ» и «компенсация и льготы».

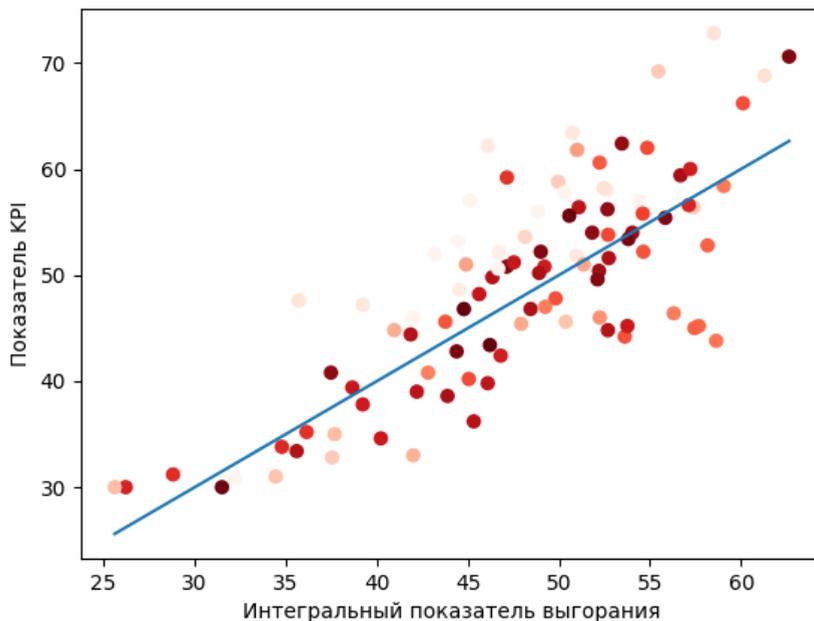


Рис. 2. График пар значений предсказанного КРІ (по горизонтали) и реального КРІ (по вертикали) для точек второго диапазона интегрального показателя компетенций, цветом отмечены меры принадлежности этому диапазону (для более темных точек мера принадлежности выше)

Figure 2. Graph of pairs of values of predicted KPI (horizontally) and real KPI (vertically) for the points of the second range of the integral indicator of competencies, the measures of belonging to this range are marked in color (for darker points, the measure of belonging is higher)

Таблица 1. Оптимальные весовые множители интегрального показателя

Table 1. Optimal weight multipliers of the integral indicator

j	w_j	j	w_j	j	w_j	j	w_j
1	0,35	11	2,82	21	2,14	31	-0,69
2	1,33	12	-0,36	22	-1,3	32	2,19
3	-1,6	13	0,77	23	1,28	33	-1,45
4	1,59	14	1,38	24	-0,57	34	-2,09
5	-1,9	15	-1,14	25	1,07	35	1,77
6	0,93	16	1,12	26	0,42	36	-0,98
7	1,37	17	1,63	27	0,70	37	0,37
8	-1,02	18	3,81	28	-0,37	38	1,49
9	0,0036	19	2,67	29	4,99		
10	3,06	20	0,98	30	0,75		

Интересным это наблюдение является по той причине, что это говорит о том, что чем выше компетенции сотрудника, связанные с глубинным погружением в сферу деятельности, тем ниже вероятность достижения КРІ. Одна из гипотез заключается в том, что многие КРІ формируются в абсурдной постановке, а расположенность к рефлексии сокращает время на их выполнение, что приводит к выгоранию и недостижению КРІ.

В табл. 2 приводятся значения коэффициентов регрессионной зависимости КРІ от выгорания для разных категорий интегрального показателя компетенций.

Качество регрессионных моделей, построенных для каждой категории интегрального показателя компетентности, оценивалось скорректированным коэффициентом детерминации, F -критерием

Фишера и оценками значимости коэффициентов регрессии.

Результаты приведены в табл. 3. Все коэффициенты значимы на уровне 0,002, за исключением коэффициента W_1 на 3, 4 интервалах, коэффициента W_3 на 1 интервале. Анализ остатков моделей методом Бройша — Пагана показал отсутствие гетероскедастичности на уровне значимости 0,05.

Проверка наличия аномальных значений, т. е. выбросов, смещающих оценки коэффициентов регрессии, проводилась с использованием расстояния Кука (Cook's distance). Оценка эффекта от удаления одного (рассматриваемого) наблюдения показала наличие не более двух выбросов в нескольких построенных моделях. Удаление соответствующих точек позволило построить модели с отсутствием выбросов.

Таблица 2. Коэффициенты регрессионной зависимости КРІ от показателей выгорания для разных категорий интегрального показателя компетенций

Table 2. Coefficients of regression dependence of KPI on burnout indicators for different categories of the integral indicator of competencies

W_i	s					
	1	2	3	4	5	6
W_0	13	9	18	22	11	40
W_1	0,24	0,21	0,11	0,09	0,36	0,35
W_2	0,22	0,25	0,24	0,29	0,30	0,29
W_3	0,0063	0,14	0,19	0,27	0,33	0,16

Таблица 3. Критерии качества регрессионных моделей

Table 3. Quality criteria for regression models

Параметр	s					
	1	2	3	4	5	6
R^2	0,748	0,775	0,648	0,695	0,698	0,711
F	31,63	68,90	37,00	41,72	50,24	24,84
Prob (F)	$2,4 \cdot 10^{-11}$	$9 \cdot 10^{-24}$	$1,8 \cdot 10^{-15}$	$2,4 \cdot 10^{-16}$	$1,7 \cdot 10^{-16}$	$8,4 \cdot 10^{-8}$

Можно заметить, что для различных категорий интегрального показателя развития компетенций наблюдается разная зависимость КРІ от выгорания: весовые коэффициенты W_i имеют существенно отличающиеся значения для разных категорий.

Учитывая данные табл. 2, можно заметить, что в рамках каждой выделенной категории влияние показателей, характеризующих выгорание сотрудника (удовлетворенность, вовлеченность, лояльность), отличается. Так, например, на группу, которая относится к категории с самым низким значением интегрального показателя развития компетенций, практически не оказывает влияния показатель лояльности. Однако с ростом интегрального показателя (вплоть до 5-й категории) происходит рост влияния показателя лояльности.

Это говорит о том, что одной из мотивационных причин достижения КРІ сотрудником является лояльное отношение к компании, в которой он работает. При этом для 6-й категории отмечается самое большое влияние свободного члена, что говорит о том, что необходимо дополнительно исследовать факторы, оказывающие влияние на производительность труда сотрудников для категории с самыми большими значениями интегральных показателей развития компетенций.

Вычислим квадратный корень из средневзвешенного (с нечеткими мерами принадлежности) квадрата отклонения модельного значения КРІ от реального, без учета выгорания и с его учетом. Для модели множественной линейной регрессии, в которой независимыми переменными являются только значения компетенций, указанная ошибка составила 8,8. Для построенной нечеткой модели множественной кусочно-постоянной регрессии с коррекцией при помощи множественной линейной регрессии (в зависимости от показателей

выгорания) на каждом из интервалов компетенций получена среднеквадратичная ошибка 5,4. Отметим, что при увеличении числа интервалов до $S = 7$ ошибка составила 5,5. Повышение ошибки с увеличением числа интервалов может быть связано с учетом нечеткости в оптимизируемой функции.

Представленная модель позволяет получить информацию о неравномерном разделении исследуемых данных на категории по интегральному показателю компетенций, что позволяет изучить влияние выгорания на результативность в рамках отдельных категорий. Таким образом, эта процедура упрощает работу с данными за счет нечеткой классификации сотрудников по принадлежности к категориям компетенций. А поскольку компетенции являются более статичным фактором, чем выгорание, то для каждой из категорий могут быть выбраны мероприятия well-being, которые наиболее подходят этим сотрудникам.

5. Обсуждение

Исследование подтверждает сформулированные в научных источниках, например [8, 10], предположения о необходимости калибровки уровня развития компетенций сотрудника в зависимости от его степени выгорания (чем выше степень выгорания сотрудника, тем больше снижается уровень реализации имеющихся компетенций его компетенций, и наоборот). Следовательно, это оказывает влияние и на продвижение по достижению целевых значений его КРІ.

Так как в ранее проведенных исследованиях [3, 4] не в полной мере учитывается неравномерность влияния тех или иных компетенций на конкретные КРІ, то практически невозможно определить набор компетенций, требующий развития в зависимости от целевых значений КРІ. В предложенном инструменте это нивелировано авторами за счет наход-

дения и использования весовых коэффициентов в интегральном показателе развития компетенций.

Также инструмент фактически учитывает уровень реализации имеющихся компетенций сотрудником (а не их текущий уровень развития, как в [29, 31]), на которую оказывает непосредственное влияние степень выгорания. Данный вопрос решается за счет реализации авторами двухэтапного подхода, где на первом этапе моделируется влияние компетенций на КРІ, а на втором этапе происходит корректировка с учетом степени выгорания.

Во многих существующих исследованиях, например [14, 16], затрагивается вопрос влияния вовлеченности, удовлетворенности и прочих факторов внутреннего и внешнего состояния сотрудника на его производительность труда. Заметим, что в данном исследовании показатели состояния сотрудников (такие как удовлетворенность, вовлеченность и лояльность) являются основными элементами оценки степени выгорания сотрудника.

Стоит отметить, что вопрос учета неопределенностей, вызванных высоким уровнем субъективности оценки компетенций, выгорания и пр., в современных исследованиях изучен слабо. При этом в рамках данной работы существующие неопределенности при оценке влияния компетенций сотрудника на его КРІ учтены за счет использования нечеткой оптимальной классификации.

Таким образом, учитывая полученные результаты и их подтверждение экспертами из сферы управления персоналом организаций, принимавших участие в опросе, можно сделать вывод о том, что предложенная модель является рабочим инструментом, позволяющим на основе нечеткой классификации сотрудников по уровням развития их компетенций прогнозировать дости-

жение сотрудниками КРІ в зависимости от входных значений компетенций и степени выгорания. Следовательно, можно считать, что высказанная гипотеза является подтвержденной.

Стоит заметить, что существует ряд ограничений использования предложенного инструмента в организации. Так, например, необходима достаточная по объему выборка в связи с большим количеством параметров в модели. Также для формирования данной выборки необходимо проводить масштабную оценку сотрудников по оценке их компетенций и степени выгорания, что является достаточно ресурсозатратным. Кроме того, в организации должна быть внедрена система *Performance Review*, которая включает прозрачную систему целеполагания для каждого сотрудника.

6. Заключение

В рамках данного исследования предложен инструмент, функционально описывающий влияние значений компетенций сотрудника на КРІ с учетом уровня его выгорания.

В ходе выполнения исследования были нивелированы недостатки, выявленные в ходе анализа научной литературы: количественно описано влияние конкретных компетенций сотрудников на достижение их КРІ с учетом выгорания; за счет использования нечетко-множественного подхода учтены существующие неопределенности и риски при оценке влияния компетенций сотрудника на его производительность труда с учетом выгорания.

Построена оптимизационная модель, на первом этапе которой производится нечеткая классификация сотрудников на категории по развитию их компетенций, на втором этапе для каждой категории компетентности с учетом меры принадлежности субъекта к категориям строится эконометриче-

ская модель зависимости КРІ от показателей выгорания сотрудников.

В модели определяется интегральный показатель развития компетенций с оптимальными весовыми коэффициентами и находится оптимальное разделение множества значений интегрального показателя на неравномерные по размеру категории. Каждый класс характеризуется ожидаемым значением КРІ.

Разработан численный метод нахождения оптимальных значений параметров модели: весовых коэффициентов интегрального показателя, указывающих влияние каждой компетенции на интегральный показатель, и границ интервалов категорий.

Предложенная модель обладает теоретической значимостью, т. к. позволяет построить нечеткую оптимальную классификацию сотрудников по уровню развития компетенций и для каждой категории на основе распределения сотрудников по значению КРІ подтвердить и количественно оценить утверждение о влиянии выгорания на их результативность.

Нечеткая классификация наряду с построением для каждой категории эконометрических моделей, во-первых,

позволяет существенно повысить качество прогнозирования результативности сотрудников и, во-вторых, показывает значительное отличие силы влияния каждого из показателей выгорания (лояльность, вовлеченность, удовлетворенность) на достижение целевых значений КРІ в зависимости от уровня компетентности сотрудника.

Практической ценностью исследования является возможность прогнозирования достижения КРІ сотрудником в зависимости от его входных компетенций и уровня выгорания, значения которых можно получить, используя стандартные инструменты управления персоналом, например оценку 360/180 градусов, опросы и пр.

Предложенный инструмент в продолжении исследования ляжет в основу модели, позволяющей находить оптимальный портфель мероприятий программы well-being, которые, с одной стороны, будут оказывать влияние на развитие компетенций сотрудников, а с другой — снижать уровень их выгорания и тем самым способствовать максимальному продвижению по достижению целевых значений КРІ.

Список использованных источников

1. Kim J., Jung H.-S. The effect of employee competency and organizational culture on employees' perceived stress for better workplace // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022. Vol. 19, Issue 8. 4428. <https://doi.org/10.3390/ijerph19084428>
2. Jia Z. The relationship between human resource management innovation and enterprise innovation performance and the mediating role of employee competencies in SMEs in China // *SHS Web of Conferences*. 2023. Vol. 163. 02005. <https://doi.org/10.1051/shsconf/202316302005>
3. Daniali S., Barykin S. E., Khortabi F. M., Kalinina O. V., Tcukanova O. A., Torosyan E. K., Poliakova S., Prosekov S., Moiseev N., Senju T. An employee competency framework in a welfare organization // *Sustainability*. 2022. Vol. 14, Issue 4. 2397. <https://doi.org/10.3390/su14042397>
4. Kurniawan A., Sanosra A., Qomariah N. Efforts to increase motivation and performance based on employee competency and job characteristics // *Journal of Economics, Finance and Management Studies*. 2023. Vol. 6, Issue 7. Pp. 3153–3162. <https://doi.org/10.47191/jefms/v6-i7-17>
5. Sabuhari R., Sudiro A., Irawanto D. W., Rahayu M. The effects of human resource flexibility, employee competency, organizational culture adaptation and job satisfaction on employee performance // *Management Science Letters*. 2020. Vol. 10, Issue 8. Pp. 1777–1786. <https://doi.org/10.5267/j.msl.2020.1.001>

6. Мазелис Л. С., Лавренюк К. И., Красько А. А. Моделирование развития компетентности сотрудников за счет инвестирования в мероприятия программы well-being // Проблемы рыночной экономики. 2023. № 3. С. 53–67. <https://doi.org/10.33051/2500-2325-2023-3-53-67>
7. Atasi E. A., Stoffers J., Kil A. Factors affecting employee performance: a systematic literature review // Journal of Advances in Management Research. 2019. Vol. 16, Issue 3. Pp. 329–351. <https://doi.org/10.1108/JAMR-06-2018-0052>
8. Dharmanagera I. B.A., Sitiari N. W., Wirayudha I. D.G.N. Job competency and work environment: the effect on job satisfaction and job performance among SMEs worker // IOSR Journal of Business and Management. 2016. Vol. 18, Issue 1. Pp. 19–26. <http://doi.org/10.9790/487X-18121926>
9. Чуланова О. Л., Ивошина А. И. Формирование softskills (мягких компетенций): подходы к интеграции российского и зарубежного опыта, классификация, операционализация // Управление персоналом и интеллектуальными ресурсами в России. 2017. Т. 6, № 1. С. 53–58. <http://dx.doi.org/10.12737/24692>
10. Ilyukhina L., Bogatyreva I. Personnel engagement based on quality standards requirements as a factor in modern organization development // E3S Web Conference. 2023. Vol. 371. 05021. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202337105021>
11. Keller T., Behling M., Stockinger C., Metternich J., Schützer K. Analysis of the influence of process complexity and employee competence on the effect of digital assistance in industrial assembly // Production Engineering. 2021. Vol. 15. Pp. 1–8. <https://doi.org/10.1007/s11740-020-01005-3>
12. Алашеев С. Ю., Козан Е. Я., Посталюк Н. Ю., Прудникова В. А. Влияние общих компетенций работников на производительность их труда // Профессиональное образование и рынок труда. 2017. № 1. С. 9–14. URL: <https://po-rt.ru/articles/608>
13. Khan H., Rehmat M., Butt T. H., Farooqi S., Asim J. Impact of transformational leadership on work performance, burnout and social loafing: a mediation model // Future Business Journal. 2020. Vol. 6, Issue 1. 40. <https://doi.org/10.1186/s43093-020-00043-8>
14. Diamantidis A. D., Chatzoglou P. Factors affecting employee performance: an empirical approach // International Journal of Productivity and Performance Management. 2019. Vol. 68, Issue 1. Pp. 171–193. <https://doi.org/10.1108/IJPPM-01-2018-0012>
15. Мазелис Л. С., Лавренюк К. И., Гренкин Г. В. Анализ зависимости между ожиданиями сотрудников от корпоративной среды компании и их выгоранием // Journal of Applied Economic Research. 2023. Т. 22, № 4. С. 1034–1055. <https://doi.org/10.15826/vestnik.2023.22.4.040>
16. Sitopu Y. B., Sitinjak K. A., Marpaung F. K. The influence of motivation, work discipline, and compensation on employee performance // Golden Ratio of Human Resource Management. 2021. Vol. 1, No. 2. Pp. 72–83. <https://doi.org/10.52970/grhrm.v1i2.79>
17. Riyanto S., Endri E., Herlisha N. Effect of work motivation and job satisfaction on employee performance: Mediating role of employee engagement // Problems and Perspectives in Management. 2021. Vol. 19, Issue 3, Pp. 162–174. [http://doi.org/10.21511/ppm.19\(3\).2021.14](http://doi.org/10.21511/ppm.19(3).2021.14)
18. Buil I., Martínez E., Matute J. Transformational leadership and employee performance: The role of identification, engagement and proactive personality // International Journal of Hospitality Management. 2019. Vol. 77. Pp. 64–75. <https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2018.06.014>
19. Song Q., Wan Y., Chen Y., Benitez J., Hu J. Impact of the usage of social media in the workplace on team and employee performance // Information & Management. 2019. Vol. 56, Issue 8. 103160. <https://doi.org/10.1016/j.im.2019.04.003>
20. Bataineh Kh. Impact of work-life balance, happiness at work, on employee performance // International Business Research. 2019. Vol. 12, No. 2. Pp. 99–112. <https://doi.org/10.5539/ibr.v12n2p99>
21. Brown S., Gray D., McHardy J., Taylor K. Employee trust and workplace performance // Journal of Economic Behavior & Organization. 2015. Vol. 116. Pp. 361–378. <https://doi.org/10.1016/j.jebo.2015.05.001>

22. Roberts J. A., David M. E. Boss phubbing, trust, job satisfaction and employee performance // *Personality and Individual Differences*. 2020. Vol. 155. 109702. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2019.109702>
23. Wong A. K.F., Kim S., Kim J., Han H. How the COVID-19 pandemic affected hotel employee stress: Employee perceptions of occupational stressors and their consequences // *International Journal of Hospitality Management*. 2021. Vol. 93. 102798. <https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2020.102798>
24. Maslach C., Leiter M. P., Schaufeli W. Measuring Burnout // In: *The Oxford Handbook of Organizational Well Being* / Edited by S. Cartwright, C. L. Cooper. New York: Oxford University Press, 2009. Pp. 86–108. <http://dx.doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199211913.003.0005>
25. Maslach C., Jackson, S. E. The Measurement of Experienced Burnout // *Journal of Organizational Behavior*. 1981. Vol. 2, Issue 2. Pp. 99–113. <http://dx.doi.org/10.1002/job.4030020205>
26. Edú-Valsania S., Laguía A., Moriano J. A. Burnout: a review of theory and measurement // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022. Vol. 19, Issue 3. 1780. <https://doi.org/10.3390/ijerph19031780>
27. Ouyang Ch., Zhu Y., Ma Z., Qian X. Why employees experience burnout: an explanation of illegitimate tasks // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022. Vol. 19, Issue 15. 8923. <https://doi.org/10.3390/ijerph19158923>
28. Matani M., Bidmeshki G. A. The Role of Burnout on Reducing Employees' Performance // *Journal of Management and Accounting Studies*. 2020. Vol. 6, No. 2. Pp. 39–46. <https://doi.org/10.24200/jmas.vol6iss02pp39-46>
29. Rughoobur-Seetah S. An assessment of the impact of emotional labour and burnout on the employees' work performance // *International Journal of Organizational Analysis*. 2023. <https://doi.org/10.1108/IJOA-09-2022-3429>
30. Fastje F., Mesmer-Magnus J., Guidice R., Andrews M. C. Employee burnout: the dark side of performance-driven work climates // *Journal of Organizational Effectiveness: People and Performance*. 2023. Vol. 10, No. 1. Pp. 1–21. <https://doi.org/10.1108/JOEPP-10-2021-0274>
31. Kalandatzis T., Hyz A. Empirical analysis of the phenomenon of job burnout among employees in the banking sector // *International Journal of Service Science Management Engineering and Technology*. 2021. Vol. 12, Issue 5. Pp. 116–132. <http://doi.org/10.4018/IJSSMET.2021090108>
32. Wulantika L., Ayusari R. M., Wittine Z. Workload, social support and burnout on employee performance // *Journal of Eastern European and Central Asian Research*. 2023. Vol. 10, No. 1. Pp. 1–8. <https://doi.org/10.15549/jeeecar.v10i1.1069>
33. Piyakun A., Salim H. Teachers' worklife, mental health, and job burnout: Cases of Thailand and Indonesia // *International Journal of Evaluation and Research in Education*. 2023. Vol. 12, No. 3. Pp. 1212–1221. <https://doi.org/10.11591/ijere.v12i3.25077>
34. Rony Z., Pardosi H. D. Burnout digital monitoring on employee engagement at the company // *International Journal of Research in Business and Social Science*. 2021. Vol. 10, No. 7. Pp. 156–162. <https://doi.org/10.20525/ijrbs.v10i7.1412>
35. Gong Z., Chen Y., Wang Y. The influence of emotional intelligence on job burnout and job performance: mediating effect of psychological capital // *Frontiers in Psychology*. 2019. Vol. 10. 2707. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.02707>
36. Wu G., Hu Z., Zheng J. Role stress, job burnout, and job performance in construction project managers: the moderating role of career calling // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2019. Vol. 16, Issue 13. 2394. <https://doi.org/10.3390/ijerph16132394>
37. Mazelis L., Lavrenyuk K. Devising a fuzzy model for compiling a plan of activities aimed at developing human capital in university // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2017. Vol. 4. Pp. 35–44. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.103979>

38. Mazelis L., Lavrenyuk K., Grenkin G., Krasko A. Conceptual model for the development of employee competencies through the well-being implementation // International Journal of Sustainable Development and Planning. 2023. Vol. 18, No. 11. Pp. 3557–3566. <https://doi.org/10.18280/ijstdp.181120>

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Мазелис Лев Соломонович

Доктор экономических наук, профессор кафедры математики и моделирования Владивостокского государственного университета, г. Владивосток, Россия (690014, Россия, г. Владивосток, ул. Гоголя, 41); ORCID <https://orcid.org/0000-0001-7346-3960> e-mail: lev.mazelis@vvsu.ru

Гренкин Глеб Владимирович

Кандидат физико-математических наук, доцент кафедры математики и моделирования Владивостокского государственного университета, г. Владивосток, Россия (690014, Россия, г. Владивосток, ул. Гоголя, 41); ORCID <https://orcid.org/0000-0002-1307-3757> e-mail: glebgrenkin@gmail.com

Лавренюк Кирилл Игоревич

Руководитель группы развития инструментов в управлении персоналом, ООО «Умное производство» (Samokat.tech), г. Санкт-Петербург, Россия (192019, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Седова, 11а); ORCID <https://orcid.org/0000-0002-9092-3196> e-mail: klavrenyuk@samokat.ru

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23–28–01333, <https://rscf.ru/project/23-28-01333/>, во Владивостокском государственном университете.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ

Мазелис Л. С., Гренкин Г. В., Лавренюк К. И. Моделирование влияния компетенций сотрудника на его результативность с учетом выгорания // Journal of Applied Economic Research. 2024. Т. 23, № 1. С. 227–250. <https://doi.org/10.15826/vestnik.2024.23.1.010>

ИНФОРМАЦИЯ О СТАТЬЕ

Дата поступления 12 ноября 2023 г.; дата поступления после рецензирования 4 декабря 2023 г.; дата принятия к печати 9 января 2024 г.

Model of the Influence of Employee Competencies on Performance Considering Burnout

Lev S. Mazelis¹  , Gleb V. Grenkin¹ , Kirill I. Lavrenyuk² 

¹ Vladivostok State University,
Vladivostok, Russia

² Smart Space (Samokat Tech),
Saint-Petersburg, Russia

 lev.mazelis@vvsu.ru

Abstract. The study was conducted as part of a current task of studying factors in the development of an organization's human capital that have a direct or indirect impact on employee productivity. The set of such factors includes indicators of the level of development of competencies and the degree of burnout of the individual. The work aims to develop economic and mathematical tools that would quantitatively describe the impact of employee competency values on their key performance indicators (KPIs), taking into account the level of burnout determined by the values of loyalty, involvement, and satisfaction. To achieve this goal, a hypothesis is put forward about the possibility of constructing a tool that makes it possible, based on a fuzzy classification of employees by level of competency development, to construct functional dependencies of KPIs on burnout indicators for each category. The initial data used were the results of a self-assessment of competencies and burnout of employees, mainly working in the areas of IT and HR in seven large Russian companies, calibrated by the immediate supervisors of the respondents, and the actual values of their KPIs. The work proposes an approach that includes two stages. As the first step, a fuzzy model is built that makes it possible, based on a weighted integral indicator of competency development with optimal weighting coefficients, to divide the range of values of the integral indicator into categories of uneven size, with the help of which it is possible to predict the achievement of KPIs. As the second step, an econometric model of the dependence of KPI on employee burnout indicators was built using the weighted least squares method to explain the dispersion of KPI values of employees belonging to individual competency categories in a fuzzy formulation, around the expected KPI value. The proposed tool will make it possible to predict the achievement of KPIs by employees depending on the input values of competencies and the level of burnout. In the future, this will make it possible to form an optimal portfolio of well-being program activities that will influence the development of employee competencies and reduce their level of burnout, and, therefore, contribute to the maximum progress in achieving target KPI values.

Key words: competency; key performance indicator; burnout process; well-being program; multiple piecewise constant regression; fuzzy set approach.

JEL J24

References

1. Kim, J., Jung, H.-S. (2022). The effect of employee competency and organizational culture on employees' perceived stress for better workplace. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, Vol. 19, Issue 8, 4428. <https://doi.org/10.3390/ijerph19084428>
2. Jia, Z. (2023). The relationship between human resource management innovation and enterprise innovation performance and the mediating role of employee competencies in SMEs in China. *SHS Web of Conferences*, Vol. 163, 02005. <https://doi.org/10.1051/shsconf/202316302005>

3. Daniali, S., Barykin, S.E., Khortabi, F.M., Kalinina, O.V., Tcukanova, O.A., Torosyan, E.K., Poliakova, S., Prosekov, S., Moiseev, N., Senjyu, T. (2022). An employee competency framework in a welfare organization. *Sustainability*, Vol. 14, Issue 4, 2397. <https://doi.org/10.3390/su14042397>
4. Kurniawan, A., Sanosra, A., Qomariah, N. (2023). Efforts to increase motivation and performance based on employee competency and job characteristics. *Journal of Economics, Finance and Management Studies*, Vol. 6, Issue 7, 3153–3162. <https://doi.org/10.47191/jefms/v6-i7-17>
5. Sabuhari, R., Sudiro, A., Irawanto, D.W., Rahayu, M. (2020). The effects of human resource flexibility, employee competency, organizational culture adaptation and job satisfaction on employee performance. *Management Science Letters*, Vol. 10, Issue 8, 1777–1786. <https://doi.org/10.5267/j.msl.2020.1.001>
6. Mazelis, L.S., Lavrenyuk, K.I., Krasko, A.A. (2023). Modeling the development of employee competence by investing in well-being program activities. *Market Economy Problems*, No. 3, 53–67. (In Russ.) <https://doi.org/10.33051/2500-2325-2023-3-53-67>
7. Atatsi, E.A., Stoffers, J., Kil, A. (2019). Factors affecting employee performance: a systematic literature review. *Journal of Advances in Management Research*, Vol. 16, Issue 3, 329–351. <https://doi.org/10.1108/JAMR-06-2018-0052>
8. Dharmanagera, I.B.A., Sitiari, N.W., Wirayudha, I.D.G.N. (2016). Job competency and work environment: the effect on job satisfaction and job performance among SMEs worker. *IOSR Journal of Business and Management*, Vol. 18, Issue 1, 19–26. <http://doi.org/10.9790/487X-18121926>
9. Chulanova, O.L., Ivonina, A.I. (2017). Formation of soft skills: approaches to integrating Russian and foreign experience, classification, operationalization. *Management of the Personnel and Intellectual Resources in Russia*, Vol. 6, No. 1, 53–58. (In Russ.) <http://dx.doi.org/10.12737/24692>
10. Ilyukhina, L., Bogatyreva, I. (2023). Personnel engagement based on quality standards requirements as a factor in modern organization development. *E3S Web Conference*, Vol. 371, 05021. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202337105021>
11. Keller, T., Behling, M., Stockinger, C., Metternich, J., Schützer, K. (2021). Analysis of the influence of process complexity and employee competence on the effect of digital assistance in industrial assembly. *Production Engineering*, Vol. 15, 1–8. <https://doi.org/10.1007/s11740-020-01005-3>
12. Alashev, S.Y., Kogan, E.Y., Postalyuk, N.Y., Prudnikova, V.A. (2017). The impact of the general competencies of workers on their productivity. *Vocational Education and Labour Market*, No. 1, 9–14. (In Russ.). Available at: <https://po-rt.ru/articles/608>
13. Khan, H., Rehmat, M., Butt, T.H., Farooqi, S., Asim, J. (2020). Impact of transformational leadership on work performance, burnout and social loafing: a mediation model. *Future Business Journal*, Vol. 6, Issue 1, 40. <https://doi.org/10.1186/s43093-020-00043-8>
14. Diamantidis, A.D., Chatzoglou, P. (2019). Factors affecting employee performance: an empirical approach. *International Journal of Productivity and Performance Management*, Vol. 68, Issue 1, 171–193. <https://doi.org/10.1108/IJPPM-01-2018-0012>
15. Mazelis, L.S., Lavrenyuk, K.I., Grenkin, G.V. (2023). Analysis of the Relation Between Expectation of Employees from Corporate Environment and their Burnout. *Journal of Applied Economic Research*, Vol. 22, No. 4, 1034–1055. (In Russ.). <https://doi.org/10.15826/vest-nik.2023.22.4.040>
16. Sitopu, Y.B., Sitingjak, K.A., Marpaung, F.K. (2021). The influence of motivation, work discipline, and compensation on employee performance. *Golden Ratio of Human Resource Management*, Vol. 1, No. 2, 72–83. <https://doi.org/10.52970/grhrm.v1i2.79>
17. Riyanto, S., Endri, E., Herlisha, N. (2021). Effect of work motivation and job satisfaction on employee performance: Mediating role of employee engagement. *Problems and Perspectives in Management*, Vol. 19, Issue 3, 162–174. [http://doi.org/10.21511/ppm.19\(3\).2021.14](http://doi.org/10.21511/ppm.19(3).2021.14)

18. Buil, I., Martínez, E., Matute, J. (2018). Transformational leadership and employee performance: The role of identification, engagement and proactive personality. *International Journal of Hospitality Management*, Vol. 77, 64–75. <https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2018.06.014>
19. Song, Q., Wan, Y., Chen, Y., Benitez, J., Hu, J. (2019). Impact of the usage of social media in the workplace on team and employee performance. *Information & Management*, Vol. 56, Issue 8, 103160. <https://doi.org/10.1016/j.im.2019.04.003>
20. Bataineh, Kh. (2019). Impact of work-life balance, happiness at work, on employee performance. *International Business Research*, Vol. 12, No. 2, 99–112. <https://doi.org/10.5539/ibr.v12n2p99>
21. Brown, S., Gray, D., McHardy, J., Taylor, K. (2015). Employee trust and workplace performance. *Journal of Economic Behavior & Organization*, Vol. 116, 361–378. <https://doi.org/10.1016/j.jebo.2015.05.001>
22. Roberts, J.A., David, M.E. (2020). Boss phubbing, trust, job satisfaction and employee performance. *Personality and Individual Differences*, Vol. 155, 109702. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2019.109702>
23. Wong, A.K.F., Kim, S., Kim, J., Han, H. (2021). How the COVID-19 pandemic affected hotel employee stress: Employee perceptions of occupational stressors and their consequences. *International Journal of Hospitality Management*, Vol. 93, 102798. <https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2020.102798>
24. Maslach, C., Leiter, M.P., Schaufeli, W. (2009). Measuring Burnout. In: *The Oxford Handbook of Organizational Well Being*. Edited by S. Cartwright, C. L. Cooper. New York, Oxford University Press, 86–108. <http://dx.doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199211913.003.0005>
25. Maslach, C., Jackson, S.E. (1981). The Measurement of Experienced Burnout. *Journal of Organizational Behavior*, Vol. 2, Issue 2, 99–113. <http://dx.doi.org/10.1002/job.4030020205>
26. Edú-Valsania, S., Laguía, A., Moriano, J.A. (2022). Burnout: a review of theory and measurement. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, Vol. 19, Issue 3, 1780. <https://doi.org/10.3390/ijerph19031780>
27. Ouyang, Ch., Zhu, Y., Ma, Z., Qian, X. (2022). Why employees experience burnout: an explanation of illegitimate tasks. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, Vol. 19, Issue 15, 8923. <https://doi.org/10.3390/ijerph19158923>
28. Matani, M., Bidmeshki, G.A. (2020). The Role of Burnout on Reducing Employees' Performance. *Journal of Management and Accounting Studies*, Vol. 6, No. 2, 39–46. <https://doi.org/10.24200/jmas.vol6iss02pp39-46>
29. Rughoobur-Seetah, S. (2023). An assessment of the impact of emotional labour and burnout on the employees' work performance. *International Journal of Organizational Analysis*. <https://doi.org/10.1108/IJOA-09-2022-3429>
30. Fastje, F., Mesmer-Magnus, J., Guidice, R., Andrews, M.C. (2023). Employee burnout: the dark side of performance-driven work climates. *Journal of Organizational Effectiveness: People and Performance*, Vol. 10, No. 1, 1–21. <https://doi.org/10.1108/JOEPP-10-2021-0274>
31. Kalandatzis, T., Hyz, A. (2021). Empirical analysis of the phenomenon of job burnout among employees in the banking sector. *International Journal of Service Science Management Engineering and Technology*, Vol. 12, Issue 5, 116–132. <http://doi.org/10.4018/IJSSMET.2021090108>
32. Wulantika, L., Ayusari, R.M., Wittine, Z. (2023). Workload, social support and burnout on employee performance. *Journal of Eastern European and Central Asian Research*, Vol. 10, No. 1, 1–8. <https://doi.org/10.15549/jeccar.v10i1.1069>
33. Piyakun, A., Salim, H. (2023). Teachers' worklife, mental health, and job burnout: Cases of Thailand and Indonesia. *International Journal of Evaluation and Research in Education*, Vol. 12, No. 3, 1212–1221. <https://doi.org/10.11591/ijere.v12i3.25077>
34. Rony, Z., Pardosi, H.D. (2021). Burnout digital monitoring on employee engagement at the company. *International Journal of Research in Business and Social Science*, Vol. 10, No. 7, 156–162. <https://doi.org/10.20525/ijrbs.v10i7.1412>

35. Gong, Z., Chen, Y., Wang, Y. (2019). The influence of emotional intelligence on job burnout and job performance: mediating effect of psychological capital. *Frontiers in Psychology*, Vol. 10, 2707. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.02707>
36. Wu, G., Hu, Z., Zheng, J. (2019). Role stress, job burnout, and job performance in construction project managers: the moderating role of career calling. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, Vol. 16, Issue 13, 2394. <https://doi.org/10.3390/ijerph16132394>
37. Mazelis, L., Lavrenyuk, K. (2017). Devising a fuzzy model for compiling a plan of activities aimed at developing human capital in university. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, Vol. 4, 35–44. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.103979>
38. Mazelis, L., Lavrenyuk, K., Grenkin, G., Krasko, A. (2023). Conceptual model for the development of employee competencies through the well-being implementation. *International Journal of Sustainable Development and Planning*, Vol. 18, No. 11, 3557–3566. <https://doi.org/10.18280/ijstdp.181120>

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Lev Solomonovich Mazelis

Doctor of Economics, Professor, The Mathematics and Modeling Department, Vladivostok State University, Vladivostok, Russia (690014 Primorsky Krai, Vladivostok, Gogolya street, 41); ORCID <https://orcid.org/0000-0001-7346-3960> e-mail: lev.mazelis@vvsu.ru

Gleb Vladimirovich Grenkin

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Assistant Professor, The Mathematics and Modeling Department, Vladivostok State University, Vladivostok, Russia (690014 Primorsky Krai, Vladivostok, Gogolya street, 41); ORCID <https://orcid.org/0000-0002-1307-3757> e-mail: glebgrenkin@gmail.com

Kirill Igorevich Lavrenyuk

Group Leader, HR Management Tools Development Group, Smart Space (Samokat Tech), Saint-Petersburg, Russia (192019, Saint-Petersburg, Sedova street, 11A); ORCID <https://orcid.org/0000-0002-9092-3196> e-mail: klavrenyuk@samokat.ru

ACKNOWLEDGMENTS

The study was supported by the Russian Science Foundation Grant No. 23–28–01333, <https://rscf.ru/project/23-28-01333/>, at Vladivostok State University.

FOR CITATION

Mazelis, L.V., Grenkin, G.V., Lavrenyuk, K.I. (2024). Model of the Influence of Employee Competencies on Performance Considering Burnout. *Journal of Applied Economic Research*, Vol. 23, No. 1, 227–250. <https://doi.org/10.15826/vestnik.2024.23.1.010>

ARTICLE INFO

Received November 12, 2023; Revised December 4, 2023; Accepted January 9, 2024.



Научное сетевое издание

Journal of Applied Economic Research

Vol. 23 No. 1, 2024

Учредитель и издатель журнала Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
*«Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б. Н. Ельцина»*

Главный редактор *И. А. Майбуров*

Ответственный за выпуск *А. В. Калина*
Редактор *Е. Е. Крамаревская*
Компьютерная верстка *Ю. В. Ершовой*
Перевод *А. Н. Бахаревой*
Менеджер сайта *Н. В. Стародубец*

Подписано 01.03.2024.
Минимальные системные требования:
ПО Adobe Reader версии 8 и выше
Объем издания 13,3 Мб

Адрес редакции:
620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19, а/я 10
Тел. +7 (343) 375-97-20
E-mail: vestnikurfu@yandex.ru
WEB-SITE: journalaer.ru

Издательство Уральского университета
620000, Екатеринбург, ул. Тургенева, 4
Тел./факс: +7 (343) 358-93-06
e-mail: press-urfu@mail.ru
<http://print.urfu.ru>